

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK ZINC TERHADAP
PROPERTI MEKANIS SAMBUNGAN ALUMINIUM 1000 DAN
STAINLESS STEEL 304 DENGAN METODE BRAZING**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Progam Studi Strata 1 pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh:
IRFAN AGUNG PRASETYO
D 200 160 129**

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

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK *ZINC* TERHADAP PROPERTI MEKANIS
SAMBUNGAN ALUMINIUM 1000 DAN *STAINLESS STEEL 304* DENGAN
METODE *BRAZING***

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

IRFAN AGUNG PRASETYO

D200160129

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen
Pembimbing



Muhammad Syukron, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIK. 100.1920

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK *ZINC* TERHADAP PROPERTI MEKANIS SAMBUNGAN ALUMINIUM 1000 DAN *STAINLESS STEEL* 304 DENGAN METODE *BRAZING*

OLEH :

IRFAN AGUNG PRASETYO

D200160129

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jum'at, 17 Juli 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Peguji :

1. **Muhammad Syukron, S.T., M.Eng., Ph.D.** (.....)
(Ketua Dewan Penguji)
2. **Ir. Sartono Putro, M.T.** (.....)
(Anggota 1 Dewan Penguji)
3. **Bambang Waluyo F, S.T., M.T.** (.....)
(Anggota 2 Dewan Penguji)

Dekan,



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

NIK. 682

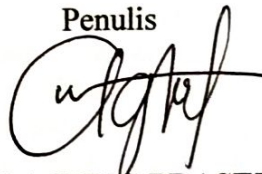
PERNYATAAN

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, 7 Agustus 2020

Penulis



IRFAN AGUNG PRASETYO

D200160129

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK ZINC TERHADAP PROPERTI MEKANIS SAMBUNGAN ALUMINIUM 1000 DAN STAINLESS STEEL 304 DENGAN METODE BRAZING

Abstrak

Pengelasan merupakan suatu proses penyambungan logam di mana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk zinc dalam proses pematrian aluminium-stainless steel terhadap properti mekanis. Spesimen dalam penelitian ini menggunakan aluminium seri 1000, stainless steel seri 304, filler ER4043 dan serbuk zinc dengan jenis sambungan lap joint dan standart ASTM D1002. Hasil pengujian geser didapatkan pada variasi tanpa penambahan serbuk dengan tegangan sebesar 12,4 MPa dan regangan sebesar 0,097 (9,7%), sedangkan pada variasi penambahan serbuk zinc didapatkan hasil tegangan yang lebih rendah sebesar 10 MPa dan regangan sebesar 0,022 (2,2%). Nilai kekerasan pada daerah Al-Filler, Filler dan SS-Filler berturut-turut pada spesimen tanpa penambahan serbuk adalah 87 VHN, 238 VHN, 210 VHN sedangkan pada variasi penambahan serbuk adalah 41 VHN, 51VHN, 84 VHN. Hal ini dikarenakan serbuk zinc (Zn) yang tidak melebur seutuhnya sehingga filler cair tidak bisa mengikatnya dengan sempurna.

Kata Kunci : brazing, aluminium, stainless steel, filler, lap joint, zinc

Abstract

Welding is a metal joining process which metals become one due to heat with or without the influence of pressure. The purpose of this study was to determine the effect of adding zinc powder in the brazing process of aluminum-stainless steel on mechanical properties. The specimens in this study used aluminum series 1000, stainless steel series 304, filler ER4043, and zinc powder with lap joint type by using ASTM D1002 Standard. The results of the testing of shear show that in the variation without the addition of powder with a stress of 12,4 MPa and a strain of 0.097 (9.7%), whereas in the variation of the addition of zinc powder the lower stress results were obtained by 10 MPa and a strain of 0.022 (2.2%). The hardness values in the Al-Filler, Filler and SS-Filler areas in the specimen without the addition of powder were 87 VHN, 238 VHN, 210 VHN whereas in the variations of the addition of powder were 41 VHN, 51VHN, 84 VHN. This is because zinc powder (Zn) does not melt completely so that the liquid filler cannot bind it perfectly.

Keyword : brazing, aluminium, stainless steel, filler, lap joint, zinc

1. PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan suatu proses penyambungan logam di mana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan. Saat ini ilmu pengetahuan di bidang pengelasan melalui penelitian memiliki kontribusi yang sangat besar terhadap penemuan baru. Proses pengelasan banyak dipergunakan pada konstruksi bangunan dan otomotif dikarenakan pada hal ini sederhana dan memudahkan penyambungan sehingga biaya keseluruhan yang dikeluarkan menjadi lebih murah.

Ada berbagai metode penyambungan, diantaranya adalah *Brazing* dan *Soldering* yang merupakan teknik penyambungan logam dimana perbedaan antara keduanya terletak pada suhu operasi proses penyambungan yang dilakukan. Konsepnya, sambungan dibuat menggunakan paduan dua atau lebih logam yang dapat menyambungkan antara material satu dengan yang lainnya.

Stainless steel merupakan material yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, diantaranya dalam dunia industri otomotif, perkapalan, kedirgantaraan, kimia, struktur bangunan bahkan properti rumah tangga karena memiliki sifat yang ulet, tidak mudah teroksidasi dan tahan terhadap korosi. Sedangkan aluminium adalah jenis logam yang mempunyai sifat ringan, ulet, kuat, tahan terhadap korosi dan sebagai material konduktor listrik yang baik.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan dan tanpa penambahan serbuk *Zinc (Zn)* terhadap kekuatan uji tarik atau geser, nilai kekerasan penyambungan *lap joint* antara plat aluminium seri 1000 dengan *stainless steel* seri 304 dengan menggunakan nyala api *Oxy-Acetylene*.

1.1 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh penambahan serbuk *zinc (Zn)* pada penyambungan beda material (*dissimilar*) dengan metode *brazing* terhadap uji tarik atau geser
2. Mengetahui nilai kekerasan pada sambungan *brazing* dengan ditambahkan serbuk *zinc (Zn)* dan tanpa ditamlehkannya serbuk *zinc (Zn)*

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana pengaruh penambahan dan tanpa penambahan serbuk *zinc* (Zn) pada penyambungan *lap joint* antara plat aluminium seri 1000 dengan *stainless steel* seri 304 terhadap kekuatan uji tarik atau geser, uji kekerasan.

1.3 Landasan Teori

A. *Brazing*

Brazing merupakan proses penggabungan di mana logam induk dipanaskan pada suhu yang sesuai di atas 450°C (840°F) dan dengan menggunakan logam pengisi (*filler*) *ferrous* atau *nonferrous* yang harus memiliki temperatur *liquidus* di atas 450°C (840°F) dan di bawah temperatur *solidus* logam induknya. (Melvin M. Schwartz, 1993)

Proses pematrian dapat dikatakan berhasil dan menghasilkan hasil yang optimal apabila memperhatikan 9 faktor dasar yang harus dipertimbangkan, diantaranya adaah : (Philip Roberts, 2013)

1. Peralatan dan kondisi lingkungan sekitar
2. Material induk yang akan disambungkan
3. Desain penyambungan yang digunakan
4. Dimensi dari jarak penyambungan
5. Pemilihan material pengisi (*filler*)
6. Cara pembersihan lapisan oksida pada permukaan material
7. Desain komponen yang mendukung selama proses *brazing*
8. Metode pemanasan yang digunakan untuk menyesuaikan sambungan pada temperatur *brazing*
9. Tingkat kerumitan (*kompleksitas*)

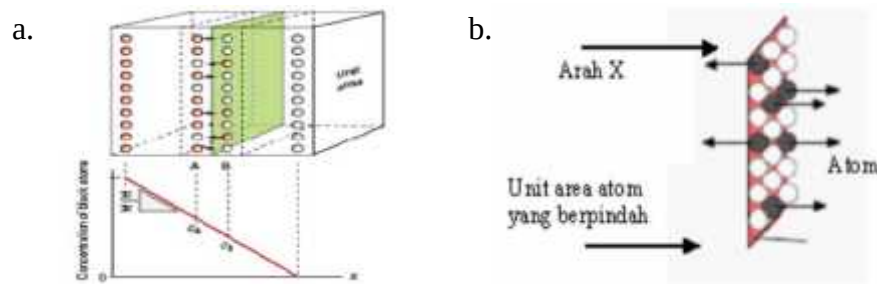
B. *Zinc*

Zinc (Seng) merupakan logam yang berwarna putih kebiruan, berkilau, dan bersifat diamagnetik. *Zinc* sedikit kurang padat daripada besi dan berstruktur kristal heksagonal. Logam ini keras dan rapuh pada kebanyakan suhu, namun menjadi dapat ditempa antara 100°C - 150°C, logam ini kembali menjadi rapuh dan dapat dihancurkan menjadi bubuk. Seng juga mampu

menghantarkan listrik serta dapat menghambat laju korosi. Dibandingkan dengan logam-logam lainnya, seng memiliki titik lebur 420°C dan titik didih 900°C yang relatif rendah. Kadar komposisi unsur seng di kerak bumi adalah sekitar 0,007%.

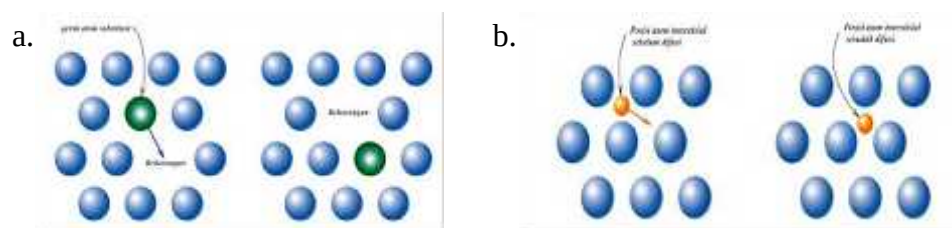
C. Reaksi *Interfacial*

Reaksi difusi adalah kedudukan atom di dalam fasa padat tidaklah statis tetapi bergetar. Tingkat getarannya dipengaruhi oleh temperatur. Jika temperaturnya memadai maka dapat terjadi perpindahan atom di dalam kisi, dan disebut difusi. Tipe dari difusi material solid yaitu : *self diffusion* dan *interdiffusion*. *Self diffusion* adalah perpindahan atom pada satu jenis bahan. *Interdiffusion* adalah perpindahan atom antara dua atau lebih jenis bahan yang berbeda.



Gambar 1. a) Mekanisme *Interdiffusion*, b) Mekanisme Perpindahan atom

Mekanisme terjadinya difusi terbagi oleh : difusi *vacancy* dan difusi *interstitial*. Difusi *Vacancy* adalah mekanisme perpindahan atom karena ada kekosongan tempat. Difusi *interstitial* adalah mekanisme perpindahan atom karena gerakan atom didalam rongga atom.



Gambar 2. a) Mekanisme difusi *vacancy*, b) Mekanisme difusi *interstitial*

D. Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Pengujian tarik dilakukan untuk menentukan kekuatan tarik, titik mulur (kekuatan lentur) las, pemanjangan dan pengurangan material las. Spesimen

bentuk material tertentu dan ukuran tertentu. Spesimen uji tarik yang digunakan untuk sambungan las harus diambil dari hasil sambungan las yang dianggap dapat mewakili dari proses pengelasan. Berikut adalah rumus mencari variabel – variabel untuk mendapatkan nilai tariknya, diantaranya :

$$\text{Tegangan : } \tau = \frac{P}{A_0} \quad \text{Dimana : } \tau = \text{Tegangan Geser (MPa = N/mm}^2\text{)}$$

P = Beban (N)

A₀ = Luas awal penampang (mm²)

$$\text{Regangan : } \epsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \times 100\% \quad \text{Dimana : } \epsilon = \text{Regangan (\%)}$$

ℓ_0 = Panjang awal spesimen (mm)

ℓ_1 = Panjang akhir spesimen (mm)

$$\text{Modulus Elastisitas : } E = \frac{\tau}{\epsilon} \quad \text{Dimana : } E = \text{Modulus Elastisitas (N/mm}^2\text{)}$$

E. Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan vickers menggunakan *indentor* berbentuk piramida intan (*diamond*) yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136⁰. Karena bentuk indentor piramida, maka pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan. Angka kekerasan vickers dinyatakan dalam satuan VHN (Vickers Hardness Number) didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan.

$$\text{VHN} = k \frac{F}{S} = 0,102 \frac{2F.S \frac{\theta}{2} +}{d^2} = 0,1891 \frac{F}{d^2}$$

Dimana :

VHN = Angka kekerasan Vickers

K = Konstan

F = Gaya (N)

S = Luas permukaan lekukan

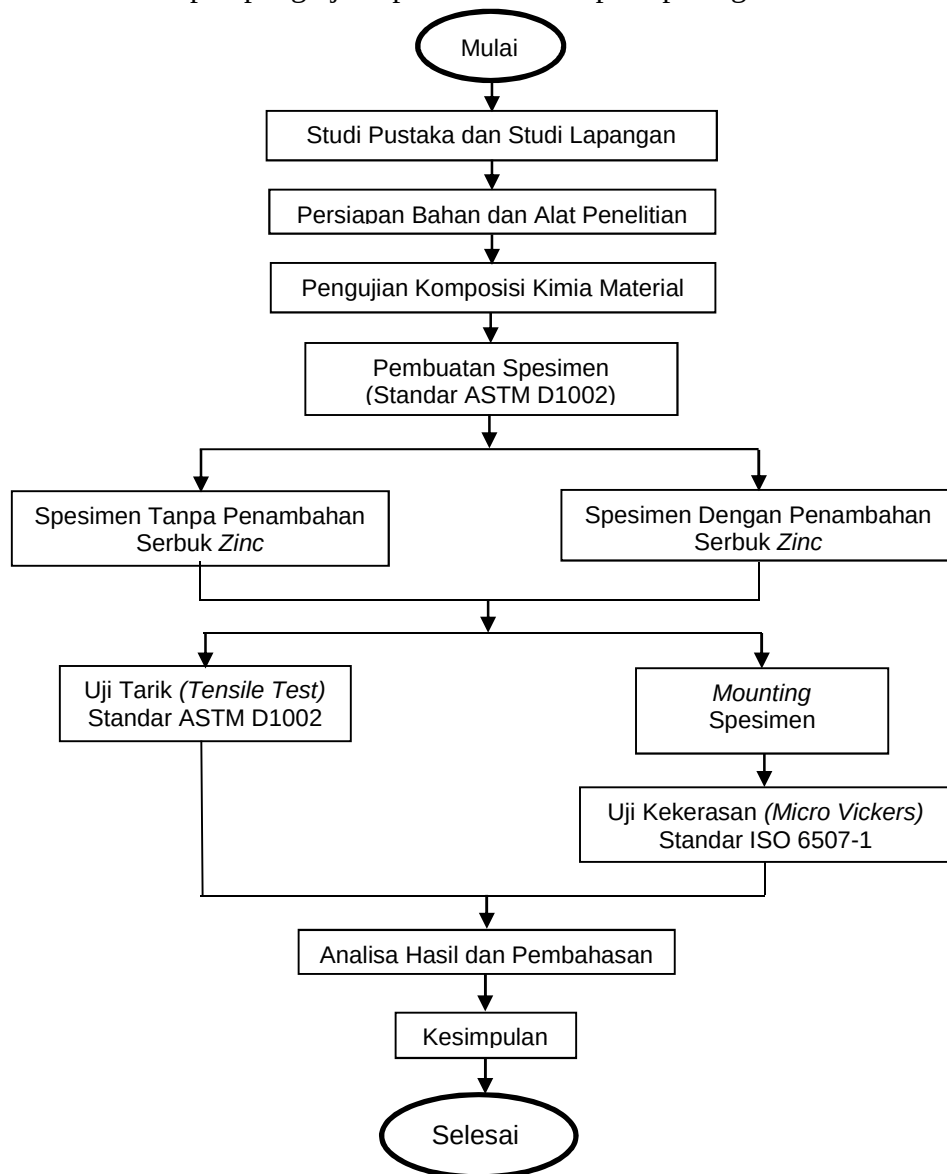
d = Diagonal rata-rata

θ = Sudut indentor piramida (136⁰)

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan pengerjaan penelitian ini seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

2.2 Alat

Alat pengujian : *Torch* dan tabung gas *oxy-aceylene*

Alat Bantu : Mesin potong, alat ukur, *mesh filter*, *thermometer infrared*, tang, sarung tangan rajut, wadah *mounting*, amplas

Alat pengujian : Alat uji komposisi kimia, tarik atau geser, kekerasan *micro vickers*.

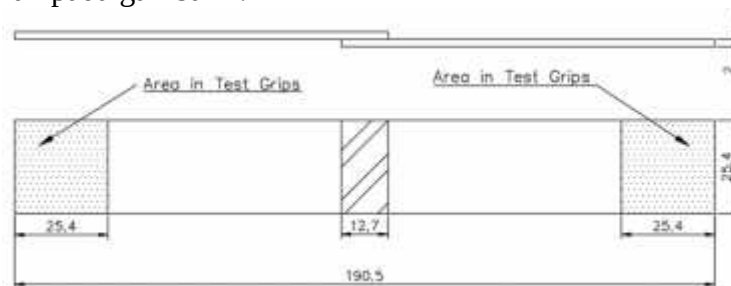
2.3 Bahan

Bahan Penelitian : Plat aluminium seri 1000, plat *stainless steel* seri 304, *filler metal* ER4043, fluks, serbuk *zinc*

2.4 Langkah Pengujian

a) Pemotongan Spesimen

Pemotongan spesimen menggunakan standar ASTM D1002, seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Ukuran spesimen standar ASTM D1002 (ASTM Book)

b) Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui unsur komposisi kimia yang terkandung didalam material yang akan digunakan dalam bentuk tabel prosentase agar material yang digunakan sesuai yang dikehendaki dalam penelitian.

c) Pengujian Tarik atau Geser

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan tarik atau geser maksimal dari spesimen yang telah dilakukan penyambungan dengan metode *brazing*.

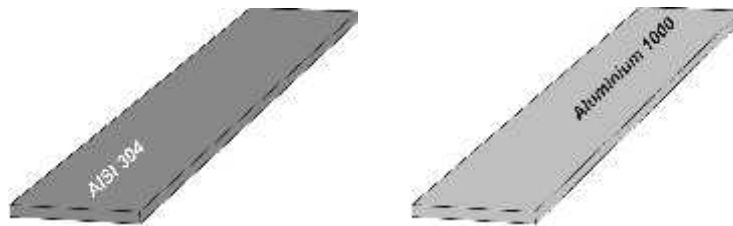
d) Pengujian Kekerasan (*Micro Vickers*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan yang ada pada bagian-bagian spesimen yang dikehendaki.

2.5 Proses *Brazing*

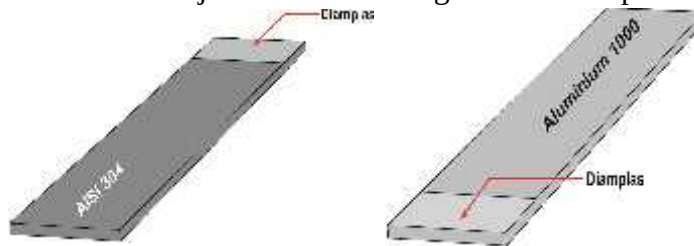
Berikut adalah tahapan proses penyambungan *brazing* :

- a. Memotong benda kerja sesuai dimensi yang telah ditetapkan pada standar ASTM D 1002 dengan menggunakan mesin potong (*shearing*).



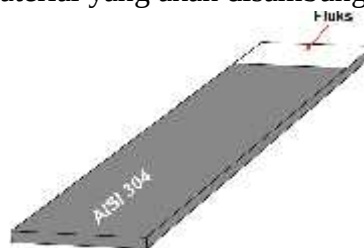
Gambar 5. Memotong Logam Induk

- b. Permukaan benda kerja dibersihkan dengan cara di amplas



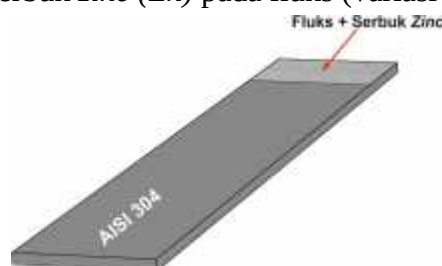
Gambar 6. Mengamplas Logam Induk

- c. Mengoleskan fluks pada permukaan *stainless steel 304* berbentuk pasta pada permukaan material yang akan disambung.



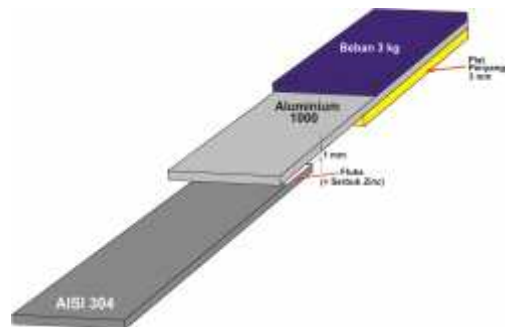
Gambar 7. Mengoleskan Fluks

- d. Memberikan serbuk *zinc (Zn)* pada fluks (variasi serbuk *zinc*)



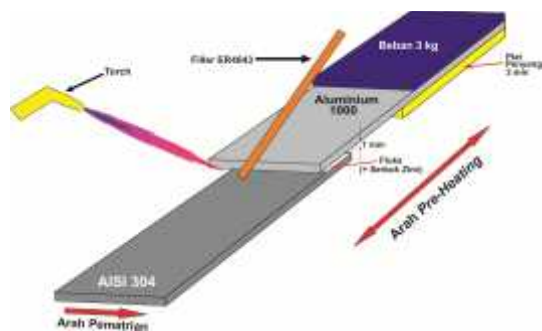
Gambar 8. Menambahkan Serbuk *Zinc* pada Fluks

- e. Menempatkan material yang akan disambung dengan memberi jarak sambungan (*gap*) sebesar 1 mm antara aluminium dan *stainless steel*.



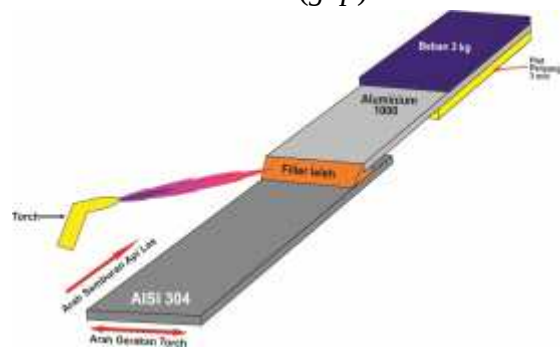
Gambar 9. Memberi *Gap* pada Sambungan

- f. Memasang torch pada selang yang telah dihubungkan pada tabung gas *oxy-acetylene* dan mengatur nyala api jenis karburasi (*carburizing*).
- g. Memanaskan daerah benda kerja yang akan disambung beberapa saat dan memanaskan logam pengisi yang berbentuk kawat hingga meleleh



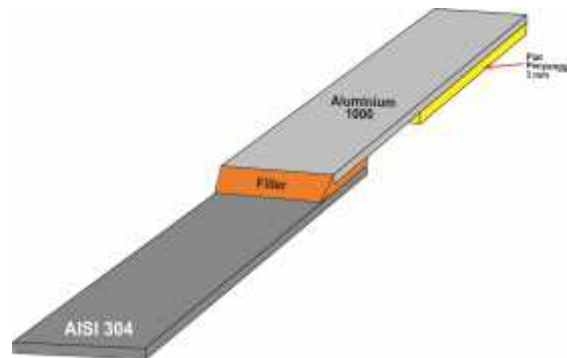
Gambar 10. Melelehkan *Filler*

- h. Mengatur arah semburan api las menuju ke gap sambungan sampai *filler* yang meleleh masuk kedalam celah (*gap*) antara sambungan



Gambar 11. Mengatur Arah Semburan Api Las

- i. Menghentikan proses pematrian setelah *filler* sudah memenuhi celah (*gap*) pada sambungan kemudian didinginkan dengan temperatur udara beberapa saat agar *filler* memadat dan penyambungan selesai



Gambar 12. Spesimen Jadi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Komposisi Kimia

Hasil uji komposisi kimia Aluminium dan *Stainless Steel* secara berturut-turut ditunjukkan pada Tabel 1 dan 3, sedangkan tabel 4 menunjukkan komposisi kimia *filler metal*.

Tabel 1. Hasil pengujian komposisi kimia aluminium

Unsur	Prosentase (%)
Si	0,1830
Fe	0,4530
Cu	0,0467
Mn	0,0085
Mg	0,0019
Cr	0,0020
Ni	0,0033
Zn	0,0045
Ti	0,0162
Ca	0,0000
P	0,0000
Pb	0,0000
Sb	0,0013
Sn	0,0000
Al	99,28

Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia dengan menggunakan alat spectrometer pada logam aluminium, dengan mengambil hasil tiga unsur

prosentase terbanyak kemudian dimasukkan ke dalam “*MatWeb Material Property Data*” sehingga didapatkan bahwa material aluminium tersebut termasuk ke seri 1xxx dan mendekati aluminium seri 1000 dengan komposisi utama Al = 99.0% - 100%, Fe = 0.006% - 0.80%, Si = 0.02% - 1.00%, seperti ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Kimia Aluminium seri 1000 (MatWeb.com)

1	Component Elements Properties	Metric
	Aluminum, Al	99.0 - 100 %
	Beryllium, Be	0.000800 %
	Boron, B	0.0100 - 0.0500 %
	Chromium, Cr	0.0100 - 0.100 %
	Copper, Cu	0.00300 - 0.350 %
	Gallium, Ga	0.00500 - 0.0300 %
2	Iron, Fe	0.00600 - 0.800 %
	Magnesium, Mg	0.00600 - 0.300 %
	Manganese, Mn	0.00200 - 0.300 %
	Si+Fe	0.0200 - 1.00 %
	Silicon, Si	0.00600 - 0.350 %
	Titanium, Ti	0.00200 - 0.200 %
3	V+Ti	0.0100 - 0.0300 %
	Vanadium, V	0.00500 - 0.0500 %
	Zinc, Zn	0.00600 - 0.100 %

Dalam pemilihan material *Stainless Steel* sudah tertera tulisan 64937 / 304 / 2.00 / 2B pada plat logam tersebut



Gambar 13. *Stainless Steel 304*

Tabel 3. Komposisi Kimia *Stainless Steel 304*
(Yan Jinglong, dkk, 2014)

Unsur	Prosentase (%)
Cr	18,09
Ni	8,39
Mn	2,00
Si	1,00

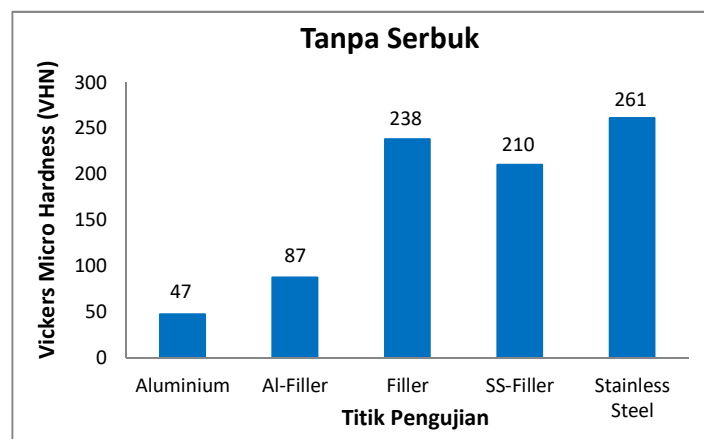
C	0,08
P	0,045
S	0,030
Fe	0,365

3.2 Pengujian Kekerasan Micro Vickers

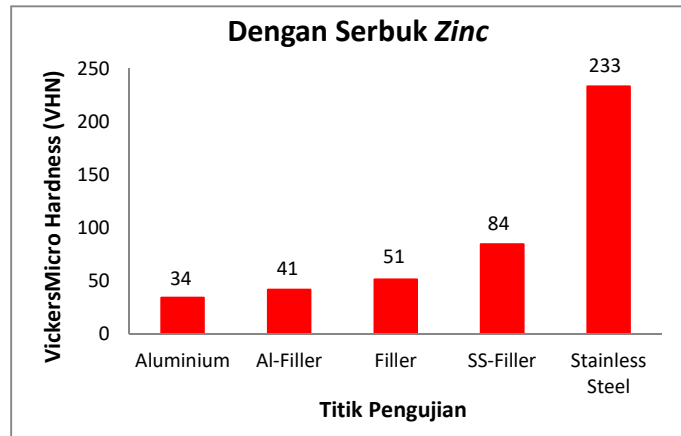
Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari spesimen. Bagian yang diuji meliputi logam induk aluminium, batas aluminium dengan filler, filler ER4043, batas *stainless steel* dengan filler dan logam induk *stainless steel* pada 2 spesimen. Pengujian ini menggunakan alat uji kekerasan *Micro Vickers Hardness Testing Machine* dengan beban sebesar 0,98 N dan waktu penahanan selama 15 detik. Titik pengujian seperti ditunjukkan pada gambar 14, hasil pengujian kekerasan dengan dan tanpa serbuk *Zinc* berturut-turut seperti pada gambar 15,16 dan 17.



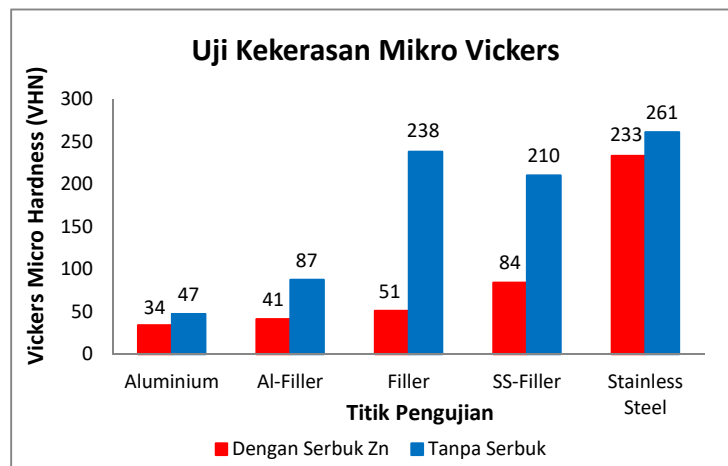
Gambar 14. Skema Titik Pengujian Kekerasan Mikro Vickers



Gambar 15. Histogram Hasil rata-rata Uji Kekerasan Spesimen Tanpa Penambahan Serbuk *Zinc*



Gambar 16. Histogram Hasil rata-rata Uji Kekerasan Spesimen Dengan Penambahan Serbuk *Zinc*



Gambar 17. Histogram Hasil rata-rata Uji Kekerasan Spesimen Dengan dan Tanpa Penambahan Serbuk *Zinc*

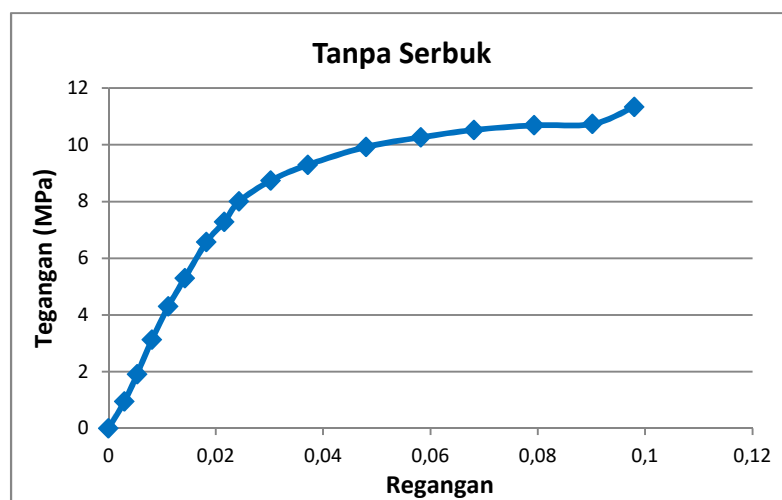
Pada daerah *filler metal* tanpa penambahan serbuk memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi daripada *base metal* aluminium seri 1000 dikarenakan material *filler* yang digunakan menggunakan tipe keras (*hard*) dengan seri ER4043 dimana memiliki komposisi bahan mengandung unsur-unsur yang pada dasarnya memiliki tingkat kekerasan yang tinggi. Sedangkan pada titik batas antara *Al-filler* memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi daripada *base metal* Aluminium seri 1000 dikarenakan adanya unsur-unsur dari *filler* yang sudah menyambung dan menjadi satu dengan unsur pada aluminium seri 1000 tetapi nilai kekerasannya masih dibawah nilai kekerasan pada daerah *filler metal*. Pada titik batas antara *SS-filler* memiliki nilai yang lebih rendah daripada *base metal stainless steel* dan

filler metal itu sendiri dikarenakan unsur-unsur yang terkandung pada *stainless steel* pada dasarnya memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi daripada unsur yang terkandung *filler metal* ER4043. Sedangkan pada batas SS-*filler* tidak terjadi percampuran unsur yang signifikan dan hanya sebatas merekat dikarenakan titik lebur diantara keduanya berbeda jauh sehingga tingkat kekerasannya lebih rendah.

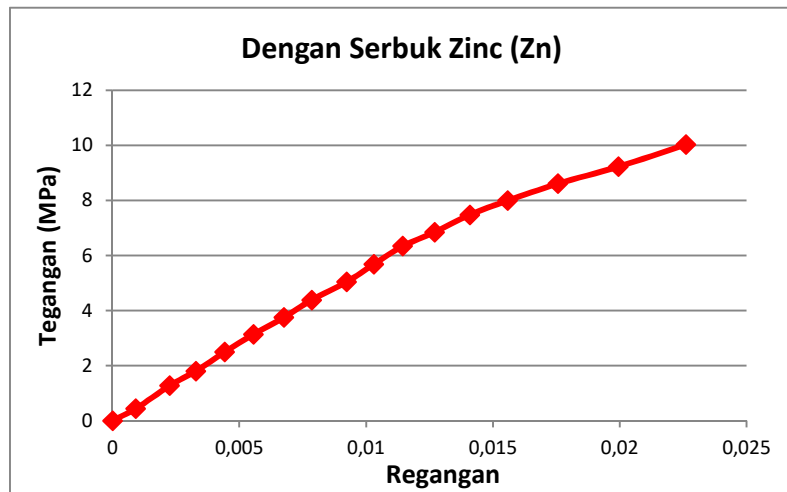
Hasil dari pengujian kekerasan dengan penambahan serbuk *Zinc* (Zn) menyatakan bahwa seluruh pengujian di 5 titik lebih rendah dibandingkan tanpa penambahan serbuk. Hal ini dipengaruhi penambahan unsur *zinc* (Zn) pada sambungan yang belum mencapai titik leburnya sehingga lelehan *filler metal* tidak bisa bercampur dengan unsur *zinc* (Zn) yang menyebabkan kerenggangan ikatan atom pada sambungan *brazing* yang menurunkan tingkat kekerasannya.

1.3 Pengujian Tarik

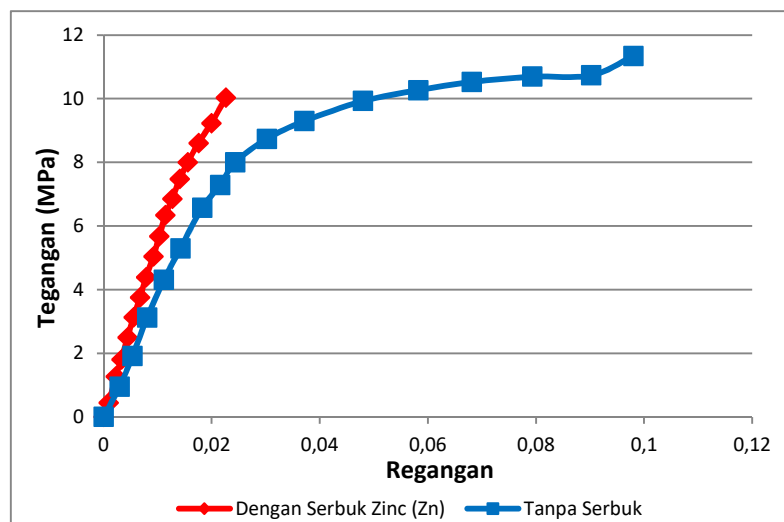
Pengujian tarik dan geser dilakukan untuk mengetahui kekuatan pada sambungan *brazing* dengan jenis sambungan *lap joint* dalam menahan beban yang diberikan. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D1002. Hasil pengujian tarik atau geser dengan dan tanpa serbuk *Zinc* berturut-turut seperti pada gambar 18,19 dan 20.



Gambar 18. Grafik Hasil rata-rata Pengujian Tarik Sambungan tanpa tambahan Serbuk *Zinc* (Zn)

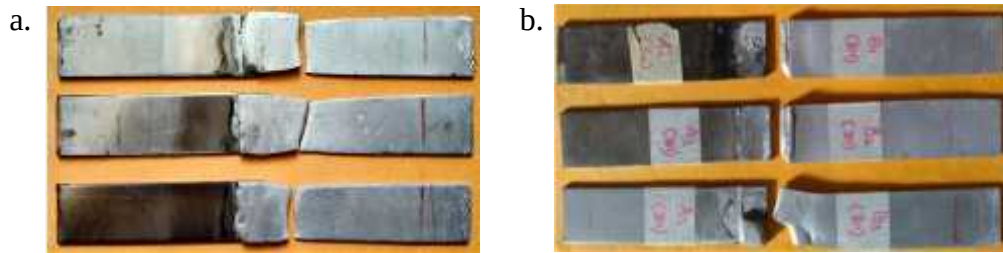


Gambar 19. Grafik Hasil rata-rata Uji Tarik Sambungan dengan Tambahan Serbuk Zinc (Zn)



Gambar 20. Grafik Hasil rata-rata Pengujian Tarik Sambungan dengan dan tanpa Serbuk Zinc (Zn)

Dari analisa grafik tegangan regangan pengujian geser, pada sambungan tanpa tambahan serbuk *zinc* (Zn) didapatkan hasil rata-rata tegangan geser tertinggi sebesar 11,3 MPa dan rata-rata regangan tertinggi sebesar 0,097 (9,7%). Sedangkan pada sambungan dengan tambahan serbuk *zinc* (Zn) didapatkan hasil rata-rata tegangan geser tertinggi sebesar 10 MPa dan rata-rata regangan tertinggi sebesar 0,022 (2,2 %). Spesimen hasil pengujian tarik dan geser adalah seperti ditunjukkan pada gambar 21.



Gambar 21. Spesimen Hasil Pengujian Tarik dan Geser sambungan jenis *Lap Joint* (a) Tanpa Serbuk Zinc (b) Dengan Serbuk Zinc

Pada spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik dan geser, 3 spesimen tanpa penambahan serbuk putus pada logam induknya khususnya pada aluminium. Hal ini terjadi karena sambungan *brazing* lebih kuat daripada *base metal* aluminium itu sendiri serta dimungkinkan sifat aluminium seri 1000 yang lunak dipengaruhi oleh HAZ (*Heat Affected Zone*) setelah proses penyambungan material sehingga pada HAZ aluminium menjadi lebih lemah.

Pada 2 spesimen dengan variasi penambahan serbuk *zinc* (*Zn*) putus pada sambungan *brazing* dikarenakan serbuk *zinc* (*Zn*) dimungkinkan belum mencapai temperatur leburnya dan belum sepenuhnya mencair pada area sambungan namun serbuk yang belum mencair justru menghalangi distribusi *filler* cair yang mengalir menuju permukaan daerah sambungan sehingga serbuk tersebut justru melemahkan kekuatan sambungan

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian tarik dan geser dengan jenis sambungan *lap joint*, pada spesimen tanpa penambahan serbuk didapatkan hasil rata-rata tegangan sebesar 11,3 MPa dan regangan sebesar 0,097 (9,7%) sedangkan pada variasi penambahan serbuk *zinc* (*Zn*) didapatkan hasil rata-rata tegangan sebesar 10 MPa dan regangan sebesar 0,022 (2,2%). Pengaruh penambahan serbuk *zinc* (*Zn*) berpengaruh terhadap hasil tegangan dan regangan spesimen yang menyebabkan sambungan pada spesimen menjadi lemah namun juga dapat semakin getas pada kondisi tertentu.

2. Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan dengan metode *brazing*, pada daerah *Al-Filler*, *Filler* dan *SS-Filler* tanpa penambahan serbuk *zinc (Zn)* lebih tinggi daripada penambahan serbuk *zinc (Zn)*. Hal ini dikarenakan serbuk *zinc (Zn)* yang belum melebur seutuhnya sehingga *filler* cair tidak bisa mengikatnya dengan sempurna dan menurunkan nilai kekerasannya.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa maka penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Membaca dan memahami teori-teori tentang sambungan *brazing* terlebih dahulu meliputi pemilihan material dan bahan yang tepat, standar yang digunakan, prosedur pelaksanaannya sebelum melakukan penelitian.
2. Memastikan permukaan material bersih dari kotoran maupun kerak sebelum dilakukan penyambungan maupun pengujian agar didapatkan hasil yang optimal.
3. Lebih memperhatikan transfer panas dan tetap menjaga temperatur *brazing* pada saat proses penyambungan agar filler metal meleleh sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Schwartz, Mel M. 2003. *Brazing 2nd Edition*. ASM Internasional. United State
- Roberts, Philip. 2013. *Industrial Brazing Practice 2nd Ed*. New York: Taylor and Francis Group
- Lofting, Richard. 2014. *Brazing and Soldering*. Marlborough: The Crowood Press Ltd
- Lumley, Roger. 2011. *Fundamentals of Aluminium Metallurgy*. United Kingdom: Woodhead Publishing Limited.
- Wiryosumarto,H dan Okumura,T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam* Cetakan Kedelapan. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Mathers, Gene. 2002. *The Welding of Aluminium and Its Alloys*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Ahmad, Zaki. 2012. *Aluminium Alloys – New Trends in Fabrication and Applications*. Croatia: InTech DTP Team
- Kalpakjian,S dkk. 2009. *Manufacturing Engineering and Technology 6th Ed*.

- Yang Jinglong, dkk. 2014. *Development of novel CsF–RbF–AlF flux for brazing aluminum to stainless steel with Zn–Al filler metal*. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics. China.
- Jun Yu Xue, dkk. 2018. *Wettability, microstructure and properties of 6061 aluminum alloy/304 stainless steel butt joint achieved by laser–metal inert-gas hybrid welding–brazing*. Southwest Jiaotong University. China.
- Guoliang Qin, dkk. 2017. *Effect of modified flux on MIG arc brazing-fusion welding of aluminum alloy to steel butt joint*. Shandong University. China.
- Bin Liu, dkk. 2018. *Intereaction and Intermetallic Phase Formation Between Aluminum and Stainless Steel*. North University of China. China.
- Dwi Bagus, Aditya. 2019. *Pengaruh Penambahan Filler Serbuk Tembaga Terhadap Kekuatan Sambungan Lap Joint Aluminium dan Stainless Steel Tebal 2mm dengan Metode Brazing*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Zulfikri, Endriansyah. 2017. *Analisa Kekuatan Mekanik dan Struktur Metalografi pada Metode Brazing antara Aluminium dan Besi dengan Menggunakan Filler Alusol*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Pratama, Angga. 2017. *Analisa Pengaruh Filler Serbuk Zinc Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Titik Beda Material Antara Aluminium Dan Stainless Steel*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Waluyo F, Bambang. 2008. *Studi Variasi Suhu Terhadap Kuat Mekanik Sambungan Antara Baja Dengan Tembaga Pada Proses Furnace Brazing*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.