

**ANALISA PENGARUH *FILLER* TERHADAP STRUKTUR
METALOGRAFI SAMBUNGAN LAS BEDA MATERIAL PADA LAS
TITIK ANTARA ALUMINIUM DAN *STAINLESS STEEL***



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

Oleh:

SATRIYA SURYA WARDHANA

D200120053

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

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA PENGARUH *FILLER*
TERHADAP STRUKTUR METALOGRAFI
SAMBUNGAN LAS BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK
ANTARA ALUMINIUM DAN *STAINLESS STEEL***

PUBLIKASI ILMIAH

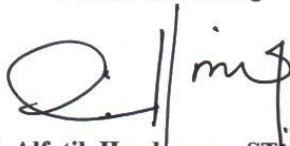
Oleh :

SATRIYA SURYA WARDHANA

D200120053

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



M. Alfatih Hendrawan, ST, MT.

NIK.976

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH *FILLER*
TERHADAP STRUKTUR METALOGRAFI
SAMBUNGAN LAS BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK
ANTARA ALUMINIUM DAN *STAINLESS STEEL***

Oleh:

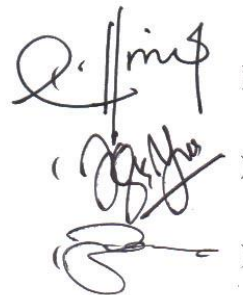
SATRIYA SURYA WARDHANA

D200120053

Telah dipertahankan di depan dewan penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Selasa, 7 Oktober 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. M. Alfatih Hendrawan, S.T., M.T.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Agus Yulianto, ST, MT.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Bambang Waluyo F, ST, MT.
(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,



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

NIK.682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi 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 atau ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 12 Februari 2018

Penulis



SATRIYA SURYA WARDHANA

NIM : D200120053

ANALISA PENGARUH FILLER TERHADAP STRUKTUR METALOGRAFI SAMBUNGAN LAS BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK ANTARA ALUMINIUM DAN STAINLESS STEEL

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi semakin maju, baik di dalam perakitan maupun perawatan. Seiring kemajuan teknologi dalam bidang konstruksi, membuat kebutuhan pengelasan semakin dibutuhkan. Teknologi pengelasan sendiri terbagi dalam beberapa jenis, salah satunya adalah las titik. Las titik merupakan teknologi las yang banyak digunakan di dalam industri untuk menyambung dua buah material berbentuk lembaran/pelat, dan dalam penelitian ini material yang digunakan adalah aluminium dan *stainless steel* dengan penambahan *filler* campur antara aluminium dan *stainless steel* dengan perbandingan 80% : 20%. Dalam proses pengelasan tersebut menggunakan parameter arus 6000 A, 7000 A, 8000 A dan waktu pengelasan 0,2 detik, 0,3 detik, 0,4 detik dengan *holding time* 0,3 detik. Setelah proses pengelasan selesai kemudian dilakukan Pengujian foto makro dan mikro menggunakan standar ASTM E407-07. Hasil dari pengujian foto makro menunjukkan bahwa arus dan waktu pengelasan berpengaruh terhadap lebar diameter logam las (*nugget*). Semakin besar arus dan waktu pengelasan, maka diameter logam las semakin besar. Pada hasil pengujian foto mikro terlihat bahwa daerah logam induk, *HAZ*, dan logam las tidak terjadi perubahan yang signifikan, tetapi hanya mengalami perubahan butiran.

Kata Kunci: Pengelasan Titik, Beda Material, Filler, Uji Metalografi

ABSTRACT

Technological developments in the field of construction increasingly advanced, both in the assembly and maintenance. Along with technological advances in the field of construction, making welding needs increasingly needed. Welding technology itself is divided into several types, one of which is spot welding. Spot welding is a welding technology that is widely used in the industry to connect two sheet-shaped materials/plates and in this study the material used is aluminum and stainless steel with the addition of mixed filler between aluminum and stainless steel with a ratio of 80%: 20%. In the welding process using current parameters of 6000 A, 7000 A, 8000 A and welding time 0.2 seconds, 0.3 seconds, 0.4 seconds with holding time 0.3 seconds. After the welding process is completed then done Testing macro and micro images using standard ASTM E407-07. The result of macro photos test shows that the current and weld time affect the width of weld metal diameter (*nugget*). The larger the current and the welding time, the diameter of the weld metal is greater. The results of the micro-photo testing show that the base metal area *HAZ* and weld metal does not change

s

Keywords: Spot Welding, Dissimilar Material, Filler, Metallographic Test

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi semakin maju, baik di dalam perakitan maupun perawatan. Seiring kemajuan teknologi dalam bidang konstruksi, membuat kebutuhan pengelasan semakin dibutuhkan. Semakin luas penggunaan las mempengaruhi kebutuhan penggunaan teknologi las. Teknologi pengelasan sendiri terbagi dalam beberapa jenis, salah satunya adalah las titik (*spot welding*).

Las titik merupakan teknologi las yang banyak digunakan di dalam industri untuk menyambung dua buah material berbentuk lembaran/pelat. Las titik tidak hanya digunakan untuk material yang sejenis, tetapi juga dapat digunakan untuk las tak sejenis. Dalam industri otomotif, penggunaan las titik banyak digunakan untuk pengelasan *body* kendaraan yang merupakan material berbentuk lembaran/pelat.

Stainless steel merupakan logam yang tahan korosi, ulet dan tidak mudah teroksidasi, sedangkan aluminium merupakan logam ringan, kuat, tahan korosi dan mudah teroksidasi. Kedua material memiliki titik lebur yang berbeda, untuk *stainless steel* memiliki titik lebur yang tinggi, sedangkan untuk material aluminium memiliki titik lebur rendah.

Penelitian ini akan ditujukan untuk mengetahui sifat fisis sambungan las beda material secara metalografi pengaruh *filler* untuk penggabungan material *stainless steel* dengan material aluminium menggunakan las titik. Dalam penelitian ini, material yang dipilih sebagai *filler* yaitu campuran material *stainless steel* dan aluminium dengan perbandingan 80% : 20%.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

- a. Mengidentifikasi komposisi kimia logam dari material *stainless steel* dan aluminium yang digunakan untuk penelitian.
- b. Mendeskripsikan lebar diameter *nugget* pada hasil pengelasan.
- c. Mendeskripsikan hasil uji struktur makro.
- d. Membandingkan fenomena pengaruh *filler* dan tanpa *filler* dalam pengelasan titik beda material terhadap struktur mikro di daerah terpengaruh panas (*HAZ*) dan daerah logam las.

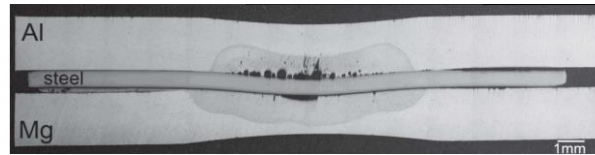
1.3 Batasan Masalah

- a. Spesimen bersih dari korosi.
- b. Pengamplasan dianggap konstan pada semua spesimen.
- c. Diameter elektroda konstan 5 mm dan seragam untuk semua spesimen.
- d. Penekanan elektroda konstan.
- e. Parameter *holding time* adalah 3 detik untuk semua spesimen.
- f. Untuk pengujian metalografi (foto makro dan mikro), pemotongan spesimen tepat ditengah logam las.

1.4 Tinjauan Pustaka

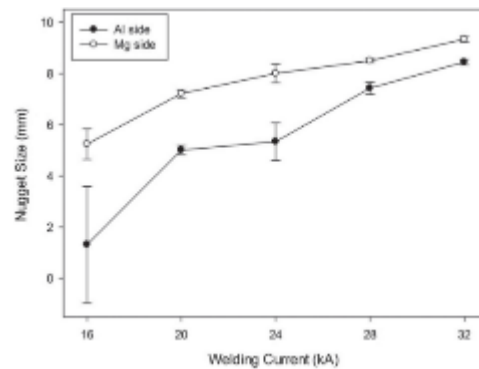
Purwaningrum, Y., Fatchan M (2013) melakukan investigasi las titik pada material antara *stainless steel* seri 400 tebal 1 mm dan aluminium seri 6061 tebal 2 mm, dengan menggunakan *filler* Fe : Al = 90 % : 10 % dengan variasi arus 65 A, 70 A, 75 A dan *holding time* 1,2 detik. Didapatkan kesimpulan bahwa hasil las dengan semua variasi arus pengelasan dapat tersambung dengan baik.

Penelitian tentang pengelasan beda material menggunakan mesin las titik (*Spot Welding*) telah dilakukan oleh Penner, L. Liu, A. Gerlich, And Y. Zhou (2014), Material yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah Aluminium paduan 5754 dengan *Magnesium* paduan AZ31B menggunakan *interlayer* berupa plat baja yang berlapis *Zinc*. Ukuran Al dan Mg 100 x 35 x 2 mm dan baja *galvanis* dengan tebal 0,7 mm lapisan *Zinc* murni dengan tebal lapisan 0,25 mm dengan ukuran 20 x 20 mm. Parameter yang digunakan dalam pengelasan 16-32 kA, dengan *cycle time* 5, gaya pengelasan 4 kN diameter elektroda 50,8 mm. Hasil penelitian tersebut adalah lebar nugget dan kekerasan. Penelitian tersebut menyatakan bahwa arus berpengaruh terhadap lebar diameter logam las (*nugget*) aluminium. Semakin besar arus, lebar diameter logam las (*nugget*) semakin besar pula. Untuk struktur mikro menggunakan uji SEM.



Gambar 1 Hasil uji struktur makro

(Penner, L. Liu, A. Gerlich, And Y. Zhou (2014))



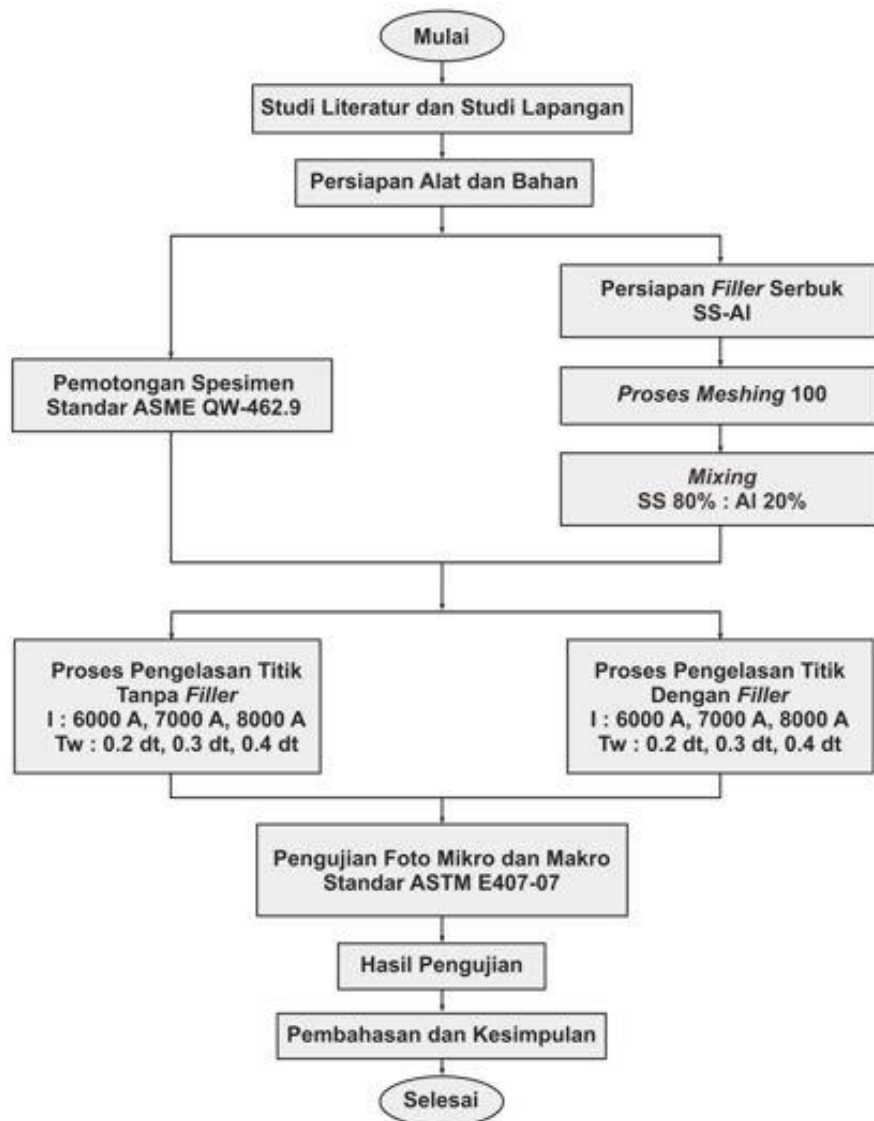
Gambar 2. Grafik pengaruh arus terhadap lebar *nugget*

(Penner, L. Liu, A. Gerlich, And Y. Zhou (2014))

Pengelasan titik (*spot welding*) beda material pernah diteliti oleh (Kolarik, Ladislav. Dkk, 2012), dengan tebal yang sama yaitu 2 mm. Material yang digunakan adalah *austenitic stainless steel* 304 dan baja karbon rendah. Penelitiannya menggunakan variasi arus yaitu 7-8 kA dengan parameter lain konstan. Hasil penelitiannya, ukuran lebar logam las semakin naik seiring dengan kenaikan arus. Lebar logam las tidak simetris antara pada bagian *austenitic stainless steel* 304 dan baja karbon rendah. Daerah HAZ lebih lebar pada bagian baja karbon rendah dibandingkan *austenitic stainless steel* 304. Ini dikarenakan konduktivitas thermal lebih tinggi, dari data penelitiannya didapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi arus yang digunakan maka semakin lebar pula daerah logam las yang terbentuk.

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan adalah *stainless steel* dengan ketebalan 1 mm, aluminium dengan ketebalan 1,2 mm dan *filler* SS : Al = 80% : 20% dengan *mesh* 100. Bahan tersebut dibentuk sesuai dengan standar ASME QW-462.9

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Mesin las titik tipe *AC Foot Operate Spot Welding*
- b. Alat uji komposisi kimia (*Spectrometer*)
- c. Alat uji makro dan mikro tipe Olympus SZX7

2.3 Langkah Penelitian

Penelitian ini menggunakan pengelasan titik (*spot welding*) dengan tipe sambungan *lap joint*. Spesimen dibagi menjadi 2 kelompok yaitu tanpa *filler* dan menggunakan *filler* dengan variasi parameter arus 6000, 7000, 8000 A dan waktu pengelasan 0,2; 0,3; 0,4 detik. Proses pengelasan dilakukan dengan penambahan *filler* SS-Al *mesh-100* diletakkan pada lubang lokator yang dibuat pada material aluminium.

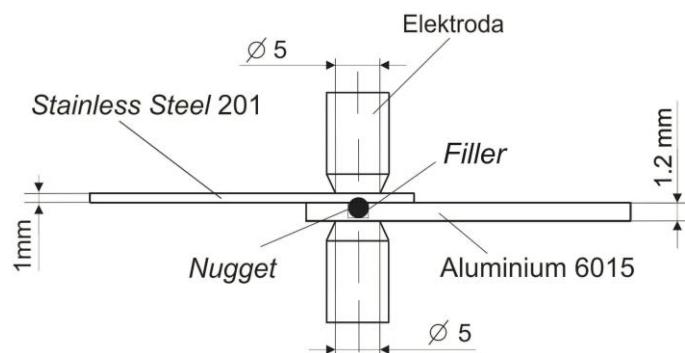
- a. Pengujian komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia menggunakan standar ASTM A751-01.

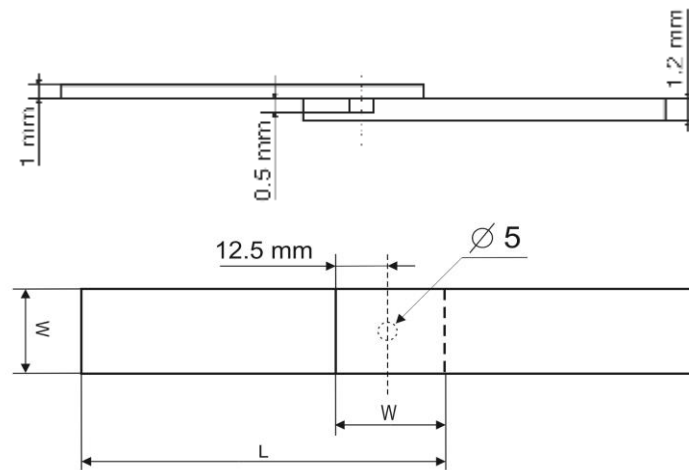
- b. Pembuatan lubang lokator

Lubang lokator dibuat pada material aluminium dengan diameter Ø5 mm dengan kedalaman 0,5 mm, berfungsi sebagai pembatas/penempat *filler* SS-Al. Dimensi spesimen uji dapat terlihat pada gambar 5.

- c. Proses pengelasan



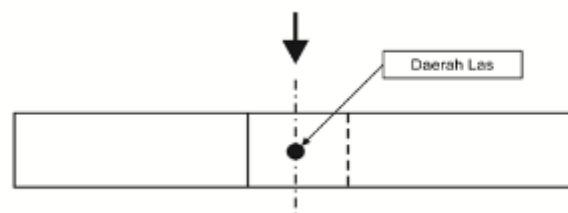
Gambar 4. Skema pengelasan



	<i>Aluminium (mm)</i>	<i>Stainless Steel (mm)</i>
W	25	25
L	100	100
$\varnothing$	5	

Gambar 5. Ukuran spesimen (ASME QW 462.9)

d. Pengujian metalografi



Gambar 6. Arah pemotongan spesimen



Gambar 7. Spesimen setelah pemotongan dan dimounting

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui dan memastikan jenis material dan unsur kimia yang terdapat pada material. Penelitian ini menggunakan material *stainless steel* dan aluminium. Serbuk SS-Al sebagai logam pengisi (*filler*).

Berikut pemaparan hasil pengujian komposisi kimia aluminium, *stainless steel*.

Tabel 1. Hasil uji komposisi kimia aluminium

No	Unsur	Prosentase (%)
1	Al	98,8
2	Fe	0,4597
3	Si	0,2080
4	Zn	0,1772
5	Mn	0,0710
6	Mg	0,0731
7	Cu	0,0823
8	unsur lain	0,0921
	jumlah	100

Dari tabel 1 diketahui bahwa unsur-unsur yang terkandung merupakan jenis aluminium paduan. Unsur-unsur yang dominan yaitu Al= 98,8%, Fe= 0,4597% dan Si= 0,2080%, dari 3 unsur tersebut kita masukkan data ke dalam “*MatWeb Material Property Data*”, kita dapatkan jenis material aluminium tersebut termasuk ke dalam 6xxx yaitu 6015.

Tabel 2. Hasil uji komposisi kimia *stainless steel*

No	Unsur	Prosentase (%)
1	Fe	73,74
2	Cr	14,5387
3	Ni	1,0851
4	Mn	0,8552
5	Cu	0,7035
6	Si	0,5853
7	C	0,0824
8	unsur lain	0,4223
	Jumlah	100

Dari pengujian *spectrometer* material *Stainless Steel* diperoleh hasil dengan presentase tertinggi Fe= 73,74%, selain itu unsur yang dominan adalah Cr= 14,5387%, sedangkan unsur paduan lainnya di bawah 1%,

berdasarkan *ASM Handbook* vol 6 menggunakan diagram *schaeffler* dengan mencari % Cr dan % Ni, rumus tersebut yaitu:

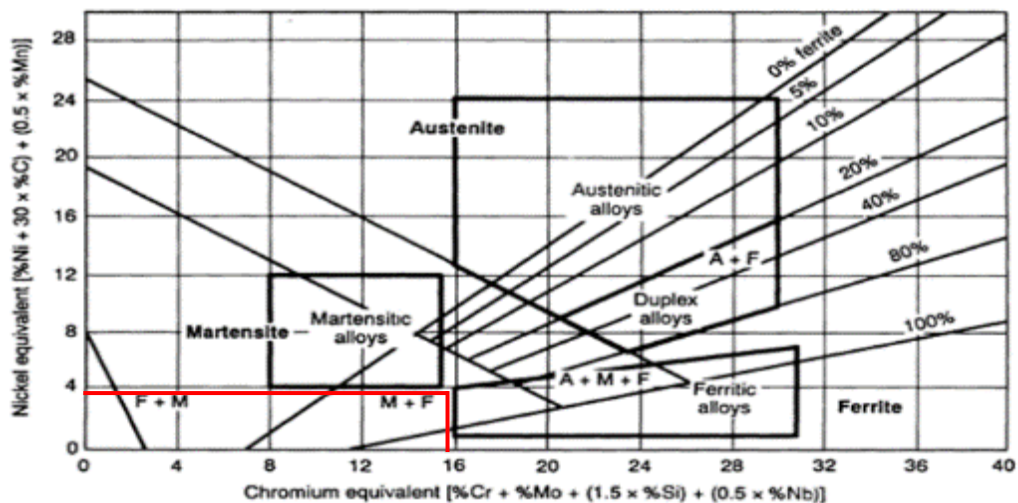
$$\text{Cr eq} = \% \text{Cr} + \% \text{Mo} + 1,5 \times \% \text{Si} + 0,5 \times \% \text{Nb}$$

$$\text{Ni eq} = \% \text{Ni} + 30 \times \% \text{C} + 0,5 \times \% \text{Mn}$$

Perhitungannya sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Cr eq} &= \% \text{Cr} + \% \text{Mo} + 1,5 \times \% \text{Si} + 0,5 \times \% \text{Nb} \\ &= 14,5387 + 0,0154 + (1,5 \times 0,5853) + (0,5 \times 0,0156) \\ &= 15,440 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ni eq} &= \% \text{Ni} + 30 \times \% \text{C} + 0,5 \times \% \text{Mn} \\ &= 1,0851 + (30 \times 0,0824) + (0,5 \times 0,8552) \\ &= 3,984 \end{aligned}$$



Gambar 8. Diagram *schaeffler*

3.2 Pengujian Metalografi

Berikut hasil lebar diameter *nugget* pada pengelasan beda material antara *stainless steel* dan aluminium dengan menggunakan *filler* dan tanpa menggunakan *filler*.

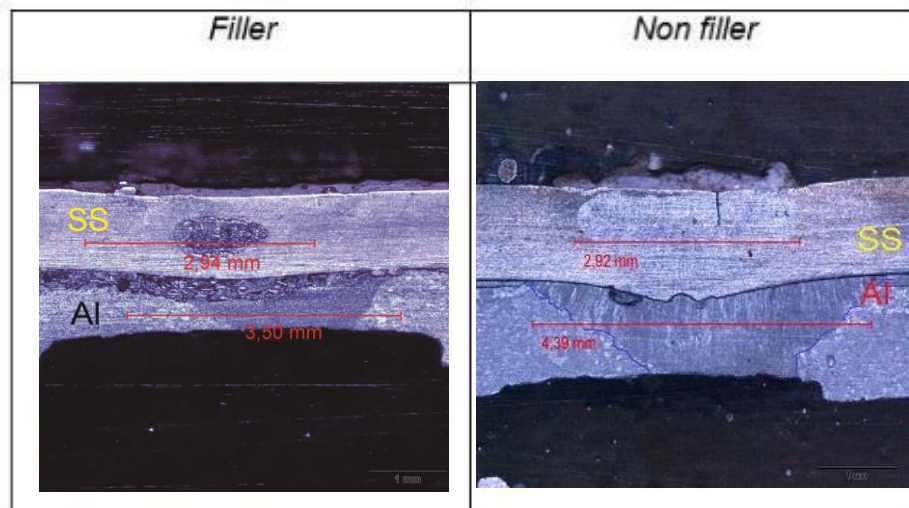
Tabel 3. Pengaruh arus dan waktu pada lebar logam las (*nugget*)

Eksperimen	Arus (Ampere)	Waktu (detik)	Lebar <i>Nugget</i> (mm)			
			Dengan <i>Filler</i>		Tanpa <i>Filler</i>	
			Al	SS	Al	SS
1	6000	0,2	2,23	1,57	2,80	-
2		0,3	2,66	2,69	3,44	-
3		0,4	2,92	2,72	3,65	-
4	7000	0,2	2,33	2,01	2,83	-
5		0,3	3,14	3,37	3,66	-
6		0,4	3,23	2,52	3,76	-
7	8000	0,2	2,79	2,45	3,89	-
8		0,3	3,34	2,57	4,00	-
9		0,4	3,50	2,94	4,39	-



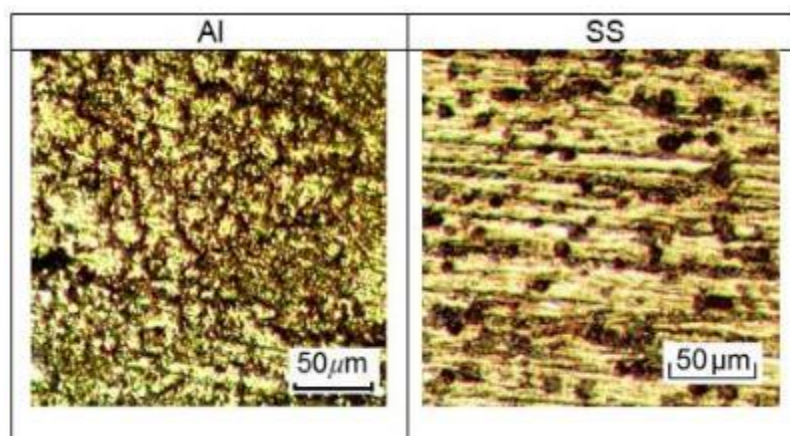
Gambar 9. Histogram pengaruh arus dan waktu terhadap lebar logam las (*nugget*) aluminium

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 9 bahwa variasi arus dan waktu berpengaruh terhadap lebar diameter logam las (*nugget*). Hal ini sesuai dengan rumus $H = I^2 \cdot R \cdot t$, bahwa semakin besar arus (*I*) dan semakin lama waktu (*t*) maka semakin besar pula masukkan panas yang terjadi.



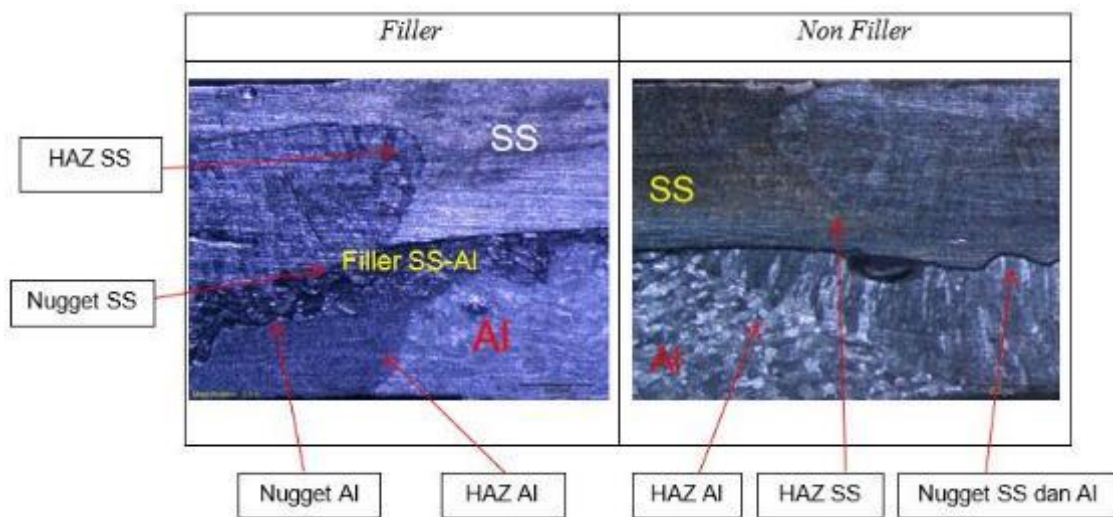
Gambar 10. Perbandingan lebar *nugget* pada foto makro menggunakan *filler* dan tanpa *filler* dengan perbesaran 25X

Dari gambar 10 menunjukkan lebar diameter logam las (*nugget*) aluminium lebih besar daripada *stainless steel*. Sambungan pada daerah Logam las (*nugget*) dengan menggunakan *filler* lebih kecil dibandingkan dengan tanpa *filler*. Dari gambar 10 terlihat bahwa lebar diameter logam las (*nugget*) aluminium pada pengelasan menggunakan *filler* dengan arus 8000 dan waktu pengelasan 0,4 detik yaitu sebesar 3,50 mm, sedangkan tanpa *filler* sebesar 4,39 mm.

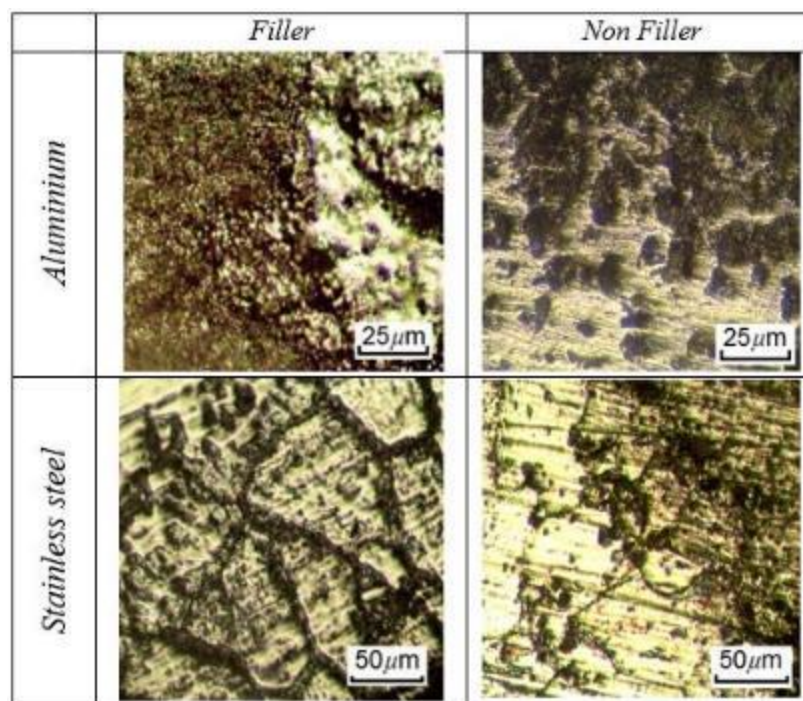


Gambar 11. Logam Induk (*base metal*) spesimen uji dengan perbesaran 120X

Gambar 11 merupakan gambar yang diambil pada spesimen uji. Mikrostruktur pada spesimen sudah mendekati dan sesuai dengan *ASM Handbook Vol 9*.

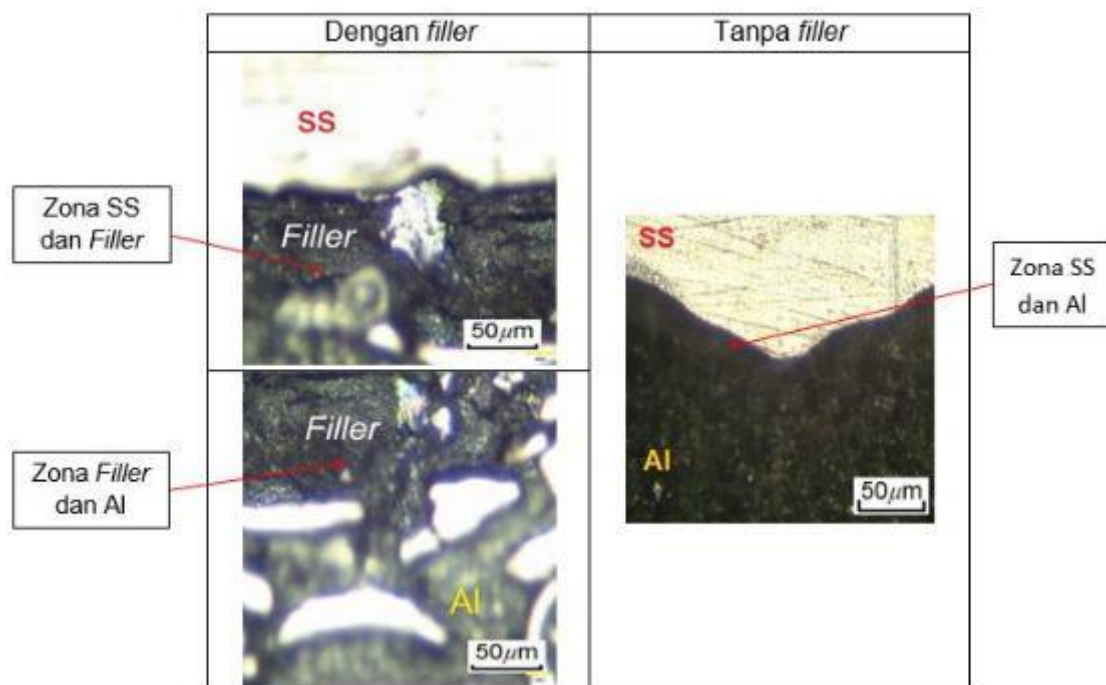


Gambar 12. Foto makro daerah HAZ dan *Nugget* dengan *filler* dan tanpa *filler* dengan perbesaran 50X



Gambar 13. Hasil penelitian daerah HAZ dengan perbesaran 120X dan 240X

Perubahan daerah HAZ dari gambar 13 yang menggunakan *filler* maupun tanpa menggunakan *filler* terlihat berbeda. Pada las yang menggunakan *filler* terlihat daerah logam lasnya melebur dengan butiran kecil. Pada material aluminium perubahan besarnya butiran dari logam induk ke logam las yaitu semakin kecil. Perubahan besarnya butiran pada daerah HAZ ke daerah las (*nugget*) dengan *filler* terlihat lebih kecil dibandingkan daerah yang tanpa *filler*. Sedangkan pada *stainless steel*, pengelasan las menggunakan *filler* butiran berubah menjadi besar dari logam induk, pada las tanpa *filler* butiran juga berubah menjadi besar.



Gambar 14. Data hasil penelitian daerah logam las dengan perbesaran 120X

Ada tiga zona pada daerah logam las, zona tersebut yaitu zona *stainless steel-filler*, *filler-aluminium* dan *stainless steel-aluminium*. Dari gambar 14 terlihat bahwa zona paling baik dalam peleburan yaitu pada *filler-aluminium*.

Daerah logam las pada sambungan *stainless steel* dengan aluminium menggunakan *filler* dan tanpa menggunakan *filler* tidak menempel sempurna, hal ini dikarenakan besar konduktivitas thermal material yang berbeda. Batas butiran logam las aluminium yang menggunakan *filler* lebih banyak dibandingkan dengan yang tanpa menggunakan *filler* dan pada butiran logam las (*nugget*) *stainless steel* dengan menggunakan *filler* tidak begitu terlihat tetapi hanya berbentuk gumpalan, sedangkan butiran logam las (*nugget*) *stainless steel* tanpa menggunakan *filler* tidak terlihat disebabkan karena rekristalisasi yang kurang baik, dan nilai *melting point* material *stainless steel* dan aluminium yang berbeda.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Hasil uji komposisi kimia pada *stainless steel* termasuk dalam kategori *austenitic+ferrit*, yaitu seri 201 *austenitic alloy*, untuk hasil uji komposisi kimia aluminium menunjukkan bahwa aluminium tersebut merupakan seri 6015 (campuran Al-Fe-Si).
- b. Hasil pengelasan menunjukkan bahwa lebar diameter logam las (*nuget*) dengan menggunakan *filler* lebih kecil dibandingkan tanpa *filler*.
- c. Pada pengamatan foto makro terlihat bahwa penambahan *filler* SS-Al kurang berpengaruh terhadap sambungan las.
- d. Hasil pengujian mikro, tanpa *filler* SS-Al tidak terjadi percampuran namun keduanya dapat tersambung dan pada daerah *Heat Affective Zone* (HAZ) perubahan butiran pada *stainless steel* menjadi lebih besar, sedangkan pada aluminium berubah menjadi kecil.

4.1 Saran

Penelitian mengenai pengelasan beda material perlu dikembangkan lagi dengan parameter yang berbeda-beda, bisa juga dengan parameter yang sama namun dengan material yang berbeda dari penelitian ini. Untuk hasil penelitian yang optimal, alat-alat pendukung yang digunakan juga harus lebih baik, serta jika penelitiannya menggunakan penambahan *filler* dengan perbandingan yang berbeda maka harus dilakukan tiap lokator.

DAFTAR PUSTAKA

- Arghavani, M. dkk. (2016). *Role of zinc layer in resistance spot welding of aluminium to steel*. doi: [10.1016/j.matdes.2016.04.033](https://doi.org/10.1016/j.matdes.2016.04.033). Department of Materials Science and Engineering, Sharif University of Technology, P.O. Box 11365-9466, Azadi Ave., Tehran, Iran
- ASM Metals Handbook. 1983. *Welding Brazing and Soldering*. Introduction to the Selection of *Stainless Steels*. John C. Lippold, Edison Welding Institute, Vol.6, p.1110.
- ASM *Metallography and Microstructures*. Richard H. Stevens, Aluminum Company of America, Vol.6, p.707
- ASME IX 2010. *Welding and Brazing Qualifications*. American Society Mechanical Engineering, Three Park Avenue, New York, 10016 USA.
- ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- Kolarik, L., dkk. (2012). *Rasistance Spot Welding of Dissimilar Steel*, Department of Manufacturing Technology, Technick'a 4, 166 07 Praha, Czech Republic. Acta Polytechnica Vol. 52 No. 3/2012
- Penner, L. Liu, A. Gerlich, And Y. Zhou (2014). *Dissimilar Resistance Spot Welding of Aluminum to Magnesium with Zn Coated Steel Interlayers*. Department of Mechanical Engineering, Tsinghua University, Beijing, China.
- Purwaningrum, Y., Fatchan M. (2013). *Pengaruh Arus Listrik Terhadap Karakteristik Fisik-Mekanik Sambungan Las Titik Logam Dissimilar Al-Steel*. Teknik Mesin UII.
- Wiryosumarto H., Okumura T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*, cetakan kedelapan Pradya Paramita, Jakarta.