

**PENGARUH KECEPATAN PAHAT LAS (*TOOL*) TERHADAP KUALITAS HASIL
PENGELASAN GESEK PUNTIR (*FRICTION STIR WELDING*) PADA PROSES
PENYAMBUNGAN ALUMINIUM TIDAK SEJENIS (*DISSIMILAR*) AL1100 DAN AL5052**

Deo Renaldo Scorpion¹, Irza Sukmana^{1,*}, A. Yudi Eka Risano¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro, No.1,
Kota Bandar Lampung

* Email: irza.sukmana@gmail.com

Abstrak

Pengelasan merupakan proses penggabungan dua atau lebih logam dasar yang disatukan di permukaan kontakannya dengan atau tanpa logam pengisi (*filler metal*). Pengelasan secara umum terbagi menjadi dua kategori utama, yaitu pengelasan dengan pencairan logam dasar (*liquid-state welding*) dan tanpa pencairan (*solid-state welding - SSW*). Pengelasan gesek punter (*friction stir welding - FSW*) termasuk jenis pengelasan SSW. Teknik las FSW dapat dilakukan pada dua buah benda sejenis maupun berbeda jenis (*dissimilar metal*). Aluminium adalah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon, dan merupakan salah satu material yang sering disambungkan dengan leknik las FSW. Pengelasan Gesek Puntir (FSW) adalah proses pengelasan gesek yang memuntar pahat las (*tool*) sehingga menghasilkan energi panas akibat gesekan permukaannya dengan benda kerja. Dalam penelitian ini dilakukan pengelasan FSW dengan parameter proses laju translasi *tool* 16 mm/menit dan 22 mm/menit, dimana putaran *tool* dibuat tetap pada 2000 rpm. Jenis disain indenter yang digunakan adalah *changing spiral form*. Pengujian kualitas hasil pengelasan dilakukan dengan melakukan pengujian tarik, pengujian kekerasan dan uji komposisi kimia. Berdasarkan hasil penelitian ini, ditemukan bahwa laju translasi *tool*, perlakuan panas dan kecepatan pengelasan akan mempengaruhi sifat-sifat mekanik hasil pengelasan Aluminium tidak sejenis, seri A11100 dan A15052. Laju translasi *tool* 22 mm/menit akan meningkatkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik logam las bila dibandingkan dengan laju translasi *tool* 16 mm/menit. Selain itu, perbedaan parameter translasi *tool* tidak secara signifikan mempengaruhi perubahan komposisi unsur kimiaw bahan hasil pengelasan FSW.

Kata kunci: Aluminium, seri 1xxx, seri 5xxx, *dissimilar metal*, *friction stir welding*

Abstract

Welding is the process of joining two or more base metals that are joined at the contact surface with or without filler metal. General welding is divided into two main categories, namely welding with liquid-state welding and solid-state welding (SSW). Punter friction welding (FSW) is a SSW type. FSW welding technique can be performed on two objects of the same type or different types (dissimilar metal). Aluminum is the most abundant metal in the earth's crust, and third only to oxygen and silicon, and is one of the materials that are often joined by FSW welding techniques. Twist Friction Welding (FSW) is a friction welding process that twists the welding tool (tool) so as to produce heat energy due to the friction of its surface with the workpiece. In this study, FSW welding was carried out with the process parameters of the tool translation rate of 16 mm / minute and 22 mm / minute, where the tool rotation was fixed at 2000 rpm. The type of indenter design used is to change the spiral shape. Testing the quality of the welding results is carried out by tensile testing, hardness testing and chemical composition testing. Based on the research results, it was found that the tool translation rate, heat treatment and welding speed would affect the mechanical properties of the welding results of the aluminum, A11100 and A15052 series. The tool translation rate of 22 mm / minute will increase the value of the hardness and strength of the weld metal when compared to the tool translation rate of 16 mm / minute. In addition, differences in tool translation parameters do not affect changes in the chemical composition of the FSW welding material.

Keywords: Aluminum, 1xxx series, 5xxx series, *different metals*, *friction stirring welding*

PENDAHULUAN

Las adalah suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair secara permanen dengan menggunakan tenaga panas, sedangkan pengelasan merupakan teknik penyambungan dua atau lebih logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu (Harsono, dkk, 1991).

Dalam perkembangannya teknik pengelasan banyak diaplikasikan pada berbagai macam material logam, salah satunya adalah aluminium. Aluminium ialah logam yang paling banyak terdapat di kerak bumi, dan unsur ketiga terbanyak setelah oksigen dan silikon, aluminium disimbolkan dengan Al, dengan nomor atom 13 dalam tabel periodik unsur. Logam aluminium memiliki beberapa sifat-sifat fisik diantaranya yaitu berat jenis sekitar 2,65-2,8 kg/dm³, titik cair 658°C, kekuatan tarik sebesar 90 MPa pada aluminium murni atau sekitar 200-600 MPa. Aluminium telah menjadi logam yang luas penggunaannya setelah baja. Perkembangan ini berdasarkan pada sifat-sifatnya yang ringan, tahan korosi, kekuatan dan *ductility* yang cukup baik (aluminium paduan), gampang diproduksi dan cukup ekonomis (aluminium daur ulang). Aluminium memiliki aplikasi luas dalam domain yang berbeda, seperti transportasi, dekorasi rumah dan *acesories*, bangunan dan konstruksi (Aalco, 2015).

Dalam bidang konstruksi dan industri penggunaan logam aluminium dari tahun ke tahun semakin meningkat, metode pengelasan aluminium mencakup berbagai inovasi teknik yang meliputi konstruksi bangunan hingga konstruksi pesawat terbang, namun karena aluminium memiliki karakter fisik yang berbeda dengan logam lainnya, proses pengelasan yang dilakukan sangat sulit dan hasil pengelasan yang didapatkan kurang baik. Salah satu metode pengelasan yang cocok untuk aluminium adalah pengelasan *Friction Stir Welding - FSW* (Deden, 2012).

Pengelasan FSW awalnya dikembangkan oleh Wayne Thomas dari *The Welding Institute* (TWI) pada tahun 1991, untuk tujuan penelitian aplikasi material aluminium paduan. FSW adalah sebuah metode pengelasan yang termasuk pengelasan gesek, yang pada prosesnya tidak memerlukan bahan penambah atau pengisi. Panas yang digunakan untuk mencairkan logam kerja dihasilkan dari gesekan antara benda yang berputar (*pin*) dengan benda yang diam (benda kerja). *Pin* berputar dengan kecepatan konstan disentuhkan ke material kerja yang telah dicekam. Gesekan antara kedua benda tersebut menimbulkan

panas sampai ± 80 % dari titik cair material kerja dan selanjutnya *pin* ditekankan dan ditarik searah daerah yang akan dilas. Putaran dari *pin* bisa searah jarum jam atau sebaliknya berlawanan dengan arah jarum jam (Wijayanto, 2010).

Metode FSW menghasilkan daerah *Thermomechanic Affected Zone (TMAZ)* yang lebih kecil dibandingkan dengan pengelasan metode *Shield Metal Arc Welding (SMAW)*. Metode pengelasan ini dapat menekan potensi kegagalan pengelasan akibat bahan penambah. Dalam metode pengelasan FSW ada beberapa parameter yang dapat mempengaruhi terhadap kualitas pengelasan diantaranya adalah kecepatan putaran tool (rpm), kecepatan translasi tool (*feeding*), kemiringan tool saat pengelasan, *down force*, *plunge depth tool* serta desain dan material tool (Deden, 2012).

Berdasarkan beberapa faktor diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang pengelasan dengan menggunakan metode *friction stir welding (FSW)* untuk menyambung (*base metal*) dua buah material non-sejenis (*dissimilar metal*) yang menggunakan bahan aluminium seri 1100 dan 5052 dengan variasi laju translasi tool. Dengan dilakukan penelitian ini diharapkan akan diketahui pengaruh laju translasi tool yang digunakan terhadap kualitas sambungan las pada aluminium 1100 dan 5052.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini pengelasan aluminium seri 1100 dan 5052 dilakukan dengan metode las gesek puntir (*friction stir welding*) menggunakan parameter variasi laju translasi tool dan pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan *rockwell*, pengujian tarik dan pengujian komposisi kimia.

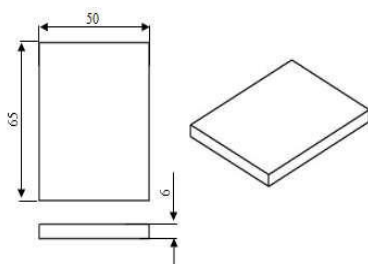
Pada penelitian ini pengelasan dilakukan menggunakan mesin *milling type VHF3* dengan kecepatan putaran tool 2000 rpm dan kecepatan laju pengelasan 16 dan 20mm/menit. spesimen yang digunakan adalah dua buah plat aluminium seri 1xxx dan seri 5xxx.

Aluminium seri 1100 adalah paduan aluminium yang dicampur dengan bahan lain, seperti: tembaga, besi, crom, mangan dan seng, dengan kandungan aluminium minimum sebesar 99.0%. Aluminium dan paduan aluminium tergolong kedalam logam yang ringan bila dibandingkan dengan besi atau baja, dengan kekuatan yang tinggi, tahan karat dan penghantar listrik yang baik. Penggunaan aluminium paduan, khususnya aluminium seri 1100 di dunia industri banyak digunakan sebagai *pressure vessels*, *heat exchanger*, pipa dan lain-lain (Sukmana dan Sustiono, 2016).

Gambar 1 Mesin *milling*

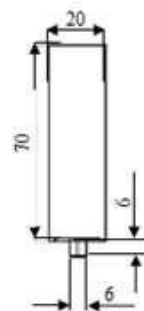
Alumunium 5052 merupakan paduan aluminium dengan magnesium (Mg), paduan ini memiliki sifat tidak dapat diperlakukan-panas, tetapi memiliki sifat baik dalam daya tahan korosi terutama korosi oleh air laut dan sifat mampu las Al-Mg banyak dipakai untuk konstruksi umum termasuk konstruksi kapal. Material jenis ini banyak sekali digunakan untuk aplikasi pada temperatur rendah, peralatan kelautan, dan struktur rangka bangunan.

Untuk proses pengelasan aluminium seri 1xxx dan seri 5xxx yang dilakukan, menggunakan ukuran panjang 65 mm, lebar 50 mm dan tebal 6 mm.



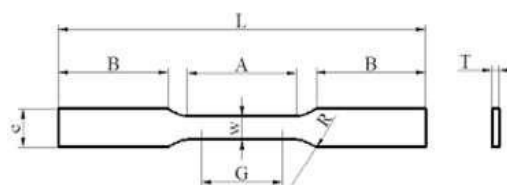
Gambar 2 Dimensi spesimen

Indentor yang digunakan dalam pengelasan ini adalah baja VCN, dengan tipe pin *changing spiral form*. Baja VCN termasuk kedalam jenis baja dengan memiliki kekuatan yang sangat tinggi (*ultrahigh strength steel*). Baja jenis ini memiliki keuletan, ketangguhan serta kekuatan yang amat tinggi. Material jenis ini banyak dipakai sebagai penahan beban dampak dengan kekuatan yang tinggi. Baja VCN termasuk kedalam jenis baja paduan rendah atau *low alloy steels* dengan kandungan unsur padu kurang dari 5 %. Adapun komposisi kimia dari baja VCN jenis ini adalah 0,38% C, 0,20% Si, 0,70% Mn, 1,50% Cr, 96,79% Fe, 0,20% Mo dan 1,64% Ni.



Gambar 3 Pin indentor

Setelah spesimen dilas kemudian dilakukan pengujian kekerasan, pengujian tarik dan pengujian komposisi kimia. Pengujian kekerasan yang dilakukan adalah pengujian kekerasan *rockwell* dengan menggunakan standar HRb. Sedangkan pada pengujian tarik yang dilakukan pada hasil pengelasan menggunakan standart ASTM E8/E8M.



Gambar 4 Spesimen uji tarik

DATA DAN PEMBAHASAN

1. Analisa Pengujian Kekerasan *Rockwell*

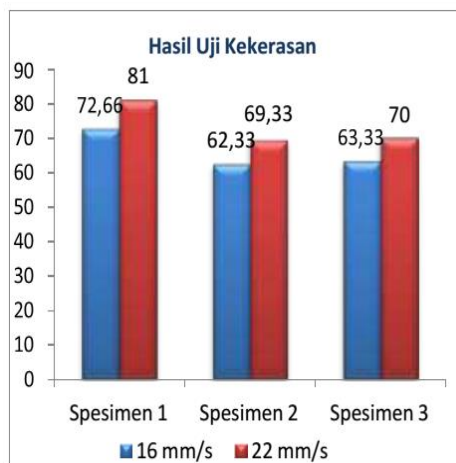
Teori dasar kekerasan secara umum didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Pada prinsipnya terdapat tiga kategori pengujian kekerasan dengan metode indentasi atau penekanan yaitu *Brinell*, *Rockwell*, dan *Vickers*, namun ketiga kategori pengujian tersebut memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mengetahui nilai kekerasan suatu logam (Ibrahim, 2018).

Pada hasil pengelasan logam non-sejenis atau *dissimilar metal* aluminium seri 1xxx dan seri 5xxx dengan metode las gesek puntir (*friction stir welding*), logam dasar yang disambungkan mengalami perubahan fasa. Setelah dilakukan pengujian kekerasan dengan metode Rockwell diperoleh data nilai kekerasan pada daerah-daerah pengujian seperti HAZ (*heat affected zone*), TMAZ (*thermomechanically affected zone*), dan *stir zone*, beberapa nilai kekerasan tersebut dapat dilihat pada pada tabel 1.

Tabel 1 Data Hasil Uji Kekerasan Rockwell

No	Bentuk Pin Indentor	N (rpm)	v (mm/s)	Seri 1xxx					Seri 5xxx													
				Al 1100		Al 5052		SZ	Al 1100		Al 5052		SZ									
				HAE	THAE	HAE	THAE		HAE	THAE	HAE	THAE										
1	Changing Spiral Form	2000	16	70	66	54	40	73	69,66	67	54	44,33	72,66									
				69	66	57	47	72														
				70	69	51	46	73														
				65	69	51	45	66														
				68	70	50	49	58														
				68	70	48	49	63														
2	Changing Spiral Form	2000	22	69	69	52	48	67	69,66	69,33	49,66	44,66	63,33									
				69	69	50	47	64														
				71	70	47	47	59														
				x (rata-rata)										68,77	68,66	51,10	45,57	66,10				
				3	Changing Spiral Form	2000	16	69						67	47	41	77	69	58,33	48,66	43,33	81
								69						69	50	44	84					
60	60	40	45					82														
70	72	46	41					69														
70	72	49	42					66														
67	70	45	45					73														
4	Changing Spiral Form	2000	22	67	72	52	40	72	68,33	71	50,66	42,33	70									
				70	71	51	43	69														
				68	70	49	44	69														
				x (rata-rata)										68,77	70,22	48,66	42,77	73,44				

Berdasarkan hasil pengujian diatas dengan menggunakan dua laju kecepatan yang berbeda pada proses penyambungan *dissimilar metal* seri 1xxx dan 5xxx, didapatkan nilai kekerasan tertinggi untuk *weld nugget* atau *stir zone* adalah 73,44 pada kecepatan translasi *tool* 22 mm/menit sedangkan nilai kekerasan terendah didapat pada laju kecepatan translasi 16 mm/menit yaitu sebesar 66,10.



Gambar 5 Grafik perubahan nilai kekerasan

Pada pengujian kekerasan diatas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bentuk pin indentor dan suhu, terutama faktor kecepatan putar (rpm) dan laju kecepatan translasi *tool* pada prosesnya. Jenis pin indentor yang digunakan adalah tipe *changing spiral form* yaitu *tool* dengan indentor permukaan rata dan memiliki ulir yang membuat proses pengadukan lebih mudah walaupun proses pengelasan dilakukan dengan kecepatan translasi *tool* atau laju kecepatan pengelasan yang bervariasi

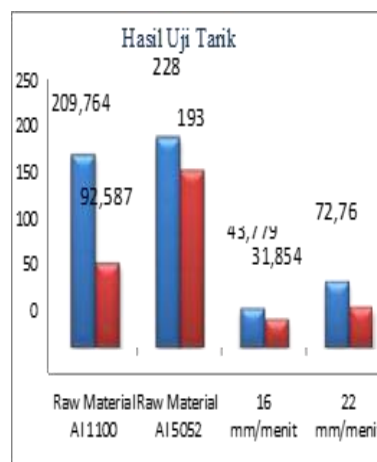
ataupun berbeda-beda. Jenis *tool* ini menghasilkan tampilan permukaan hasil pengelasan yang konsisten cukup baik di dua variasi kecepatan translasi *tool* yang berbeda yakni pada kecepatan translasi 16 mm/menit dan 22 mm/menit. Selain hasil tampilan las jenis *tool* ini juga unggul dalam proses penetrasi, salah satu faktor yang menunjang proses penetrasi yang baik adalah proses pemberian panas awal atau *holding time* yang bertujuan untuk menghantarkan panas melalui permukaan indentor yang berputar ke spesimen yang akan di las.

2. Analisa Pengujian Tarik

Tabel 2 Data Hasil Uji Tarik

Spesimen	Bentuk Pin Indentor	N (rpm)	v (mm/s)	Ultimate Stress (MPa)	Yield Strength (MPa)	Daerah Patah
1	Changing Spiral Form	2000	16	59,277	36,894	SZ
2				29,667	29,199	SZ
3				42,395	29,469	SZ
x (rata-rata)				43,779	31,854	
4	Changing Spiral Form	2000	22	90,130	56,445	SZ
5				63,970	42,694	SZ
6				64,180	36,872	SZ
x (rata-rata)				72,760	45,337	
Raw Material	Aluminium 1100			209,764	92,587	
	Aluminium 5052			228	193	

Pada pengujian tarik yang dilakukan didapat nilai raw material untuk Aluminium seri 1xxx yaitu sebesar 209,764 MPa untuk *ultimate Stress* dan sebesar 92,587 MPa untuk nilai *yield Strength*. Sedangkan untuk Aluminium seri 5xxx nilai *ultimate Stress* adalah sebesar 228 MPa dan nilai *yield strength* adalah sebesar 193 Mpa (ASM, 1990).



Gambar 6 Grafik Nilai Ultimate Stress dan Yield Strength

Pada pengujian kekerasan diatas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti bentuk pin indenter dan suhu, terutama faktor kecepatan putar (rpm) dan laju kecepatan translasi tool pada prosesnya. Jenis pin indenter yang digunakan adalah tipe *changing spiral form* yaitu tool dengan indenter permukaan rata dan memiliki ulir yang membuat proses pengadukan lebih mudah walaupun proses pengelasan dilakukan dengan kecepatan translasi tool atau laju kecepatan pengelasan yang bervariasi

Nilai *ultimate stress* tertinggi yaitu 72,760 MPa diperoleh dari proses pengelasan dengan laju translasi tool 22 mm/menit, sedangkan nilai *ultimate stress* terendah diperoleh dari proses pengelasan dengan laju translasi tool 16 mm/menit yaitu 43,779 MPa. Begitu pula pada nilai *yield strength* tertinggi juga diperoleh dari proses pengelasan dengan laju translasi tool 22 mm/menit yaitu sebesar 45,337 MPa dan nilai *yield strength* terendah diperoleh dari proses pengelasan dengan laju translasi tool 16 mm/menit yaitu sebesar 31,854 MPa.

Pada gambar 5 yang menunjukkan grafik nilai tegangan maksimum dan kekuatan luluh pada hasil pengujian tarik memperlihatkan nilai tegangan tarik maksimum dan nilai kekuatan regangan yang sangat signifikan dari kekuatan raw materialnya. Hal ini dikarenakan pada daerah *weld nugget* atau daerah logam lasan mengalami perubahan struktur mikro akibat proses penempaan pada saat logam disambungkan. Perubahan struktur mikro pada daerah *weld zone* dipengaruhi oleh siklus termal yang terjadi pada daerah lasan, siklus mekanik yang terjadi akibat panas ini dipengaruhi oleh gesekan (kecepatan putar tool, kecepatan translasi tool, *pre-heating* dan *heat treatment*) yang terjadi antara pin indenter dengan dua buah sisi material yang akan dilas.

Penurunan nilai secara signifikan dibanding nilai raw material pada dua variasi kecepatan juga terjadi pada nilai regangan atau *yield strain/strength*, hal ini disebabkan perpatahan terjadi pada daerah *weld zone*, yang merupakan daerah yang paling banyak mengalami perlakuan tenik. Selain itu perbedaan nilai tegangan regangan terjadi karena pada logam hasil lasan terdapat cacat *wormholes*, seperti pada penelitian sebelumnya cacat *wormhole* pada hasil pengelasan akan menginisiasi terjadinya retak dan kegagalan pada pembebanan tarik. Hal inilah yang menyebabkan rendahnya kekuatan tarik. (Rahman dkk, 2018).

3. Uji Komposisi Kimia

Uji komposisi kimia bertujuan untuk melihat unsur-unsur apa saja yang terdapat pada sebuah logam, pada pengujian kali ini logam dasar yang digunakan adalah *dissimilar metal* atau dua logam non-sejenis yang disambungkan dengan

metode pengelasan *friction stir welding* (Syahputra, 2019).

Logam yang dilas adalah aluminium seri 1xxx dan seri 5xxx atau Al 1100 dan Al 5052, kedua logam ini memiliki karakteristik dan kandungan unsur yang berbeda, sebut saja aluminium seri 1xxx yang masih tergolong aluminium murni dengan kadar aluminium 99% dan aluminium seri 5xxx yang sudah terkandung unsur paduan sebesar 2-4% dengan kadar Al sebesar 95,7-97,7%.

Tabel 3 Komposisi kimia Al 1100

No	Element	Kadar (%)
1	Al	99%
2	Cr	0,02%
3	Zn	0,04%
4	Fe	0,34%
5	Si	0,44%
6	Mg	0,62%
7	Mn	0,06%

Tabel 4 Komposisi kimia Al 5052

No	Element	Kadar (%)
1	Al	95,7 - 97,7%
2	Cr	0,15 - 0,35%
3	Cu	0,10%
4	Fe	0,40%
5	Si	0,25%
6	Mg	2,20 - 2,80%
7	Mn	0,10%

Al 5052 juga memiliki kadar magnesium (Mg) yang cukup tinggi yaitu 2,2-2,8% jika dibandingkan dengan Al 1100 yang hanya sebesar 0,62% saja. Berikut adalah tabel komposisi kimia Al 1100 dan Al 5052.

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan mesin spectrum komposisi kimia *Optical Emission Spectrometer* atau OES dan memberikan hasil pembacaan secara otomatis kandungan unsur-unsur yang terdapat pada logam Al 1100 dan Al 5052 yang telah disambungkan dengan metode *friction stir welding*. Pembacaan kandungan unsur-unsur kimia pada logam hasil pengelasan menggunakan sampel material berukuran 4x4 cm dengan ketebalan 6mm sesuai standar pengujian OES. Pada tabel 11 dan 12 ditunjukkan hasil dari

pengujian komposisi kimia logam sambungan dissimilar metal pada kecepatan translasi tool 16 dan 22 mm/menit.

Tabel 5 Komposisi kimia Al 1100-5052 pada kecepatan pengelasan 16 mm/menit

NO	Element	Kode Logam : A 16	Metode
		Kadar (%)	
1	Al	98,5	Spark- OES Spectromaxx
2	Si	0,279	Spark- OES Spectromaxx
3	Fe	0,592	Spark- OES Spectromaxx
4	Cu	0,027	Spark- OES Spectromaxx
5	Mn	0,0335	Spark- OES Spectromaxx
6	Mg	0,344	Spark- OES Spectromaxx
7	Cr	0,0299	Spark- OES Spectromaxx
8	Ni	0,0062	Spark- OES Spectromaxx
9	Zn	0,0792	Spark- OES Spectromaxx
10	Ti	0,032	Spark- OES Spectromaxx
11	Ag	0,00091	Spark- OES Spectromaxx
12	B	0,0025	Spark- OES Spectromaxx
13	Ba	0,002	Spark- OES Spectromaxx
14	Be	<0,00005	Spark- OES Spectromaxx
15	Bi	<0,001	Spark- OES Spectromaxx
16	Ca	0,0047	Spark- OES Spectromaxx
17	Cd	0,0011	Spark- OES Spectromaxx
18	Ce	0,0027	Spark- OES Spectromaxx
19	Co	0,0033	Spark- OES Spectromaxx
20	Ga	0,011	Spark- OES Spectromaxx
21	Hg	<0,001	Spark- OES Spectromaxx
22	In	0,00076	Spark- OES Spectromaxx
23	La	0,00098	Spark- OES Spectromaxx
24	Li	<0,0001	Spark- OES Spectromaxx
25	Na	0,002	Spark- OES Spectromaxx
26	P	0,0041	Spark- OES Spectromaxx
27	Pb	0,0043	Spark- OES Spectromaxx
28	Sb	0,0071	Spark- OES Spectromaxx
29	Sn	<0,001	Spark- OES Spectromaxx
30	Sr	<0,0001	Spark- OES Spectromaxx
31	V	0,0033	Spark- OES Spectromaxx
32	Zr	0,0021	Spark- OES Spectromaxx

Pada pembacaan nilai komposisi kimia pada aluminium seri 1xxx dan seri 5xxx untuk variasi kecepatan translasi tool 16 mm/menit didapatkan nilai-nilai unsur kimia sebanyak 32 nilai unsur.

Tabel 6 Komposisi kimia Al 1100-5052 pada kecepatan pengelasan 22 mm/menit

NO	Element	Kode Logam : B 22	Metode
		Kadar (%)	
1	Al	98,6	Spark- OES Spectromaxx
2	Si	0,263	Spark- OES Spectromaxx
3	Fe	0,648	Spark- OES Spectromaxx
4	Cu	0,0279	Spark- OES Spectromaxx
5	Mn	0,0338	Spark- OES Spectromaxx
6	Mg	0,298	Spark- OES Spectromaxx
7	Cr	0,026	Spark- OES Spectromaxx
8	Ni	0,0038	Spark- OES Spectromaxx
9	Zn	0,066	Spark- OES Spectromaxx
10	Ti	0,0301	Spark- OES Spectromaxx
11	Ag	0,00061	Spark- OES Spectromaxx
12	B	0,0017	Spark- OES Spectromaxx
13	Ba	0,00092	Spark- OES Spectromaxx
14	Be	<0,00005	Spark- OES Spectromaxx
15	Bi	<0,001	Spark- OES Spectromaxx
16	Ca	0,0092	Spark- OES Spectromaxx
17	Cd	0,00096	Spark- OES Spectromaxx
18	Ce	<0,0015	Spark- OES Spectromaxx
19	Co	0,0011	Spark- OES Spectromaxx
20	Ga	0,0106	Spark- OES Spectromaxx
21	Hg	<0,001	Spark- OES Spectromaxx
22	In	<0,0003	Spark- OES Spectromaxx
23	La	<0,0003	Spark- OES Spectromaxx
24	Li	<0,0001	Spark- OES Spectromaxx
25	Na	0,0034	Spark- OES Spectromaxx
26	P	0,0023	Spark- OES Spectromaxx
27	Pb	0,00061	Spark- OES Spectromaxx
28	Sb	0,0039	Spark- OES Spectromaxx
29	Sn	<0,001	Spark- OES Spectromaxx
30	Sr	<0,0001	Spark- OES Spectromaxx
31	V	0,0031	Spark- OES Spectromaxx
32	Zr	0,001	Spark- OES Spectromaxx

Pada data hasil OES-Spark Spectromaxx diatas dapat dilihat terjadi perubahan kadar unsur-unsur kimia pada logam aluminium seri 1xxx dan seri 5xxx yang telah disambungkan dengan metode FSW. Beberapa perubahan nilai unsur kimia terjadi pada kadar Al yang memiliki nilai sebesar 98,5 – 98,6 %, lebih rendah dari Al 1100 dan lebih tinggi dari Al 5052. Perubahan yang terjadi cukup signifikan yaitu menurunnya kadar magnesium dari angka 2,6 s.d. 2,8 % untuk Al 5052 dan 0,62%

untuk Al 1100 menjadi 0,03% saja. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh rekristalisasi dan siklus termal yang terjadi pada daerah *stir zone* yang menyebabkan perubahan karakteristik pada material aluminium seri 1xxx dan 5xxx.

Pada pengujian komposisi kimia OES spesimen uji berukuran 4x4 cm dengan tebal 6mm yang terdiri dari bagian *stir zone* dan *thermomechanically affected zone* atau TMAZ. Proses pengelasan *friction stir welding* menyebabkan perubahan karakteristik pada material las, nilai kekerasan *stir zone* yang lebih tinggi dibandingkan HAZ dan TMAZ pada Al 5052 menunjukkan telah terjadinya peningkatan kadar aluminium pada Al 5052 seperti yang terlihat pada tabel hasil pengujian komposisi kimia OES.

KESIMPULAN

Nilai kekerasan rata-rata tertinggi diperoleh pada spesimen hasil las dengan kecepatan translasi *tool* 22 mm/menit yaitu 73,44, sedangkan nilai kekerasan rata-rata terendah diperoleh pada spesimen hasil las dengan kecepatan translasi *tool* 16 mm/menit yaitu 66,10. Nilai *Ultimate Stress* tertinggi didapat pada spesimen hasil las dengan kecepatan translasi *tool* 22 mm/menit yaitu 72,760 MPa, sedangkan *Ultimate Stress* terendah pada spesimen hasil las dengan kecepatan translasi *tool* 16 mm/menit yaitu 43,779 MPa. Nilai *Yield Strength* tertinggi didapat pada spesimen hasil las dengan kecepatan translasi *tool* 22 mm/menit yaitu 45,337 MPa, sedangkan *Yield Strength* terendah didapat pada spesimen hasil las dengan kecepatan translasi *tool* 16 mm/menit yaitu 31,854 MPa. Proses pengelasan *friction stir welding* dengan kecepatan translasi *tool* yang tinggi menghasilkan nilai kekerasan yang lebih tinggi pula karena kecepatan putaran, perlakuan panas dan laju pengelasan mempengaruhi struktur termal pada logam induk, yang berarti semakin tinggi putaran *tool* dan laju kecepatan pengelasan maka akan semakin tinggi

nilai kekerasan yang dihasilkan, tidak terlalu berdampak signifikan pada komposisi unsur-unsur kimiawi yang terkandung didalamnya. Hal ini kemungkinan diakibatkan karena pada pengelasan menggunakan putaran *tool* 2000 rpm dengan kecepatan pengelasan 16 mm/menit proses rekristalisasi yang terjadi tingkat kerapatannya rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aalco, M., 2015. "Aluminium Alloy 5083 -'0'-H111 Sheet and Plate". Jurnal. Aalco, Ltd.
- [2] ASM Metals Handbook. 1990. "Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials". Second Edition. ASM International.
- [3] Deden, R., 2012. "Analisis Proses Friction Stir Welding (FSW) pada Plat Tipis Aluminium". Tugas akhir. Universitas Indonesia.
- [4] Harsono, dkk, 1991. "Teknik Pengelasan Logam". Pradnya Paramita. Jakarta.
- [5] Ibrahim, F., 2019. "Pengaruh Bentuk Pin Indentor Las Gesek Puntir (Friction Stir Welding) Terhadap Kualitas Hasil Pengelasan Magnesium AZ31". Skripsi. Universitas Lampung.
- [6] Rahman, M. B. N., Nugroho, A. W., Wardhana, B. S., 2018. "Pengaruh Feed Rate dan Kecepatan Putar Pin Tool Friction Stir Welding (FSW) terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Aluminium 5052". Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [7] Sukmana, I., Sustiono, A. 2016. "Pengaruh Kecepatan Putar Indentor Las Gesek Puntir (Friction Stir Welding) Terhadap Kualitas Hasil Pengelasan Aluminium 1100-H18". Skripsi. Jurnal Mechanical. Vol. 7, No. 1, Hal 15-19.
- [8] Syahputra, M. A. D., 2019. "Pembuatan dan Uji Kekerasan Serta Uji Komposisi Kimia Terhadap Cindera Mata Berlogo Solidarity M Forever Dengan Metode Pengecoran Logam Menggunakan Bahan Aluminium 5052".
- [9] Skripsi. Univertas Lampung. Wijayanto, J., Anelis, A. 2010. "Pengaruh Feed Rate terhadap Sifat Mekanik pada Pengelasan Friction Stir Welding Aluminium 6110". Jurnal Kompetensi Teknik. Vol. 2, No.1, Hal. 19-28.