



Irza Sukmana <irza.sukmana@gmail.com>

[JM] Submission Acknowledgement

1 message

Saparin <saparinpdca@gmail.com>
To: Irza Sukamana <Irza.sukmana@gmail.com>

Tue, Aug 20, 2019 at 9:03 PM

Irza Sukamana:

Thank you for submitting the manuscript, "THE INFLUENCE OF TOOL SPEED ON DISSIMILAR METAL ALUMINUM 1100 AND 5052 TOWARD QUALITY OF WELDING PRODUCT WITH THE FRICTION STIR WELDING METHOD" to Machine : Jurnal Teknik Mesin. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Submission URL: <http://journal.ubb.ac.id/index.php/machine/authorDashboard/submission/1184>

Username: deorenaldoscorpion

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Saparin

[Machine : Jurnal Teknik Mesin](#)



Irza Sukmana <irza.sukmana@gmail.com>

artikel

1 message

Saparin Saparin <saparinpdca@gmail.com>
Reply-To: Saparin Saparin <saparinpdca@gmail.com>
To: Irza Sukmana <Irza.sukmana@gmail.com>

Mon, Oct 7, 2019 at 2:57 PM

Yth Bapak/Ibu kontributor

Terima kasih atas kepercayaan bapak ibu untuk mempublikasikan artikelnya di jurnal machine: jurnal teknik mesin. Jurnal machine akan terbit setiap 2 nomor setiap volume di bulan april dan oktober. Untuk bulan oktober 2019 dan bulan april 2020, mohon maaf, jurnal machine sudah full artikel. Jika Bapak/Ibu berminat, kami akan menerbitkan di bulan Oktober 2020 dengan LoA. Mohon konfirmasi kembali untuk kesediaan Bapak/Ibu

Salam

Redaksi

[Machine : Jurnal Teknik Mesin](#)



Irza Sukmana <irza.sukmana@gmail.com>

Artikel jurnal machine

4 messages

firly rosa <f105a@yahoo.com>
To: "Irza.sukmana@gmail.com" <irza.sukmana@gmail.com>

Tue, Sep 29, 2020 at 1:25 PM

Yth Kontributor

Terima kasih atas kepercayaan Bapak/Ibu kontibutor untuk mempublikasikan artikelnya di jurnal machine. Kami berencana menerbitkan artikel Bapak/Ibu di April 2020, namun kami tidak mendapatkan konfirmasi dari Bapak/Ibu. Demikain juga untuk penerbitan artikel Bapak/Ibu di Oktober 2020, kami juga belum mendapatkan konfirmasi.

Untuk itu, penerbitan di Bulan Oktober 2020, mohon maaf kami batalkan karena terkendala waktu proses. Jika Bapak/Ibu berkenan, kami akan menerbitkan artikel Bapak/Ibu di bulan April 2021. Konfirmasi kesediaan Bapak/Ibu kami tunggu sampai dengan tanggal 9 Oktober 2020.

Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerja samanya diucapkan terima kasih

Sent from [Mail](#) for Windows 10

Virus-free. www.avast.com

Irza Sukmana <irza.sukmana@gmail.com>
To: firly rosa <f105a@yahoo.com>

Fri, Oct 16, 2020 at 10:13 AM

Salam, Bu Firly Rosa,

Terima kasih atas email notifikasinya. Mohon maaf for the delay, kebetulan kampus kami lockdown selama 2 pekan sejak pekan lalu shg artikel tertinggal di kampus. Hari ini baru saya buka lagi emailnya dan bila memungkinkan saya minta waktu sd pekan depan untuk perbaikannya. Paling lambat 23/10/2020. Namun bila lebih cepat akan saya kirimkan segera.

Terima kasih. Mohon informasinya.

Wassalam,
Irza

Dr. Irza Sukmana

Department of Mechanical Engineering
Vice Dean for Academic and Cooperation
Faculty of Engineering, University of Lampung
Jl. Professor Soemantri Brojonegoro No. 1
Bandar Lampung 35145, Indonesia
phone: +62-812 94836432 | facsimile: +62-721 704947
email: irza.sukmana@gmail.com | <http://www.eng.unila.ac.id/>

profile: [//www.researchgate.net/profile/Irza_Sukmana2](http://www.researchgate.net/profile/Irza_Sukmana2)

[Quoted text hidden]

firlya rosa <f105a@yahoo.com>
To: Irza Sukmana <irza.sukmana@gmail.com>

Fri, Oct 16, 2020 at 10:46 AM

Baik Pak. Kami tunggu sampai dengan tgl 23 Oktober 2020

Sent from [Mail for Windows 10](#)

[Quoted text hidden]

Irza Sukmana <irza.sukmana@gmail.com>
To: firlya rosa <f105a@yahoo.com>

Fri, Oct 23, 2020 at 11:08 AM

Salam,

Berikut kami lampirkan artikel finalnya dalam pdf dan word. Terima kasih.

[Quoted text hidden]

[Quoted text hidden]

2 attachments

 **Artikel_JMachine_Deo_Irza dkk fin.pdf**
435K

 **Artikel_JMachine_Deo_Irza dkk fin.docx**
373K

**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 puntir (*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 teknik las FSW. Pengelasan Gesek Puntir (FSW) adalah proses pengelasan gesek yang memutar 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 A1100 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 kimia bahan hasil pengelasan FSW.

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

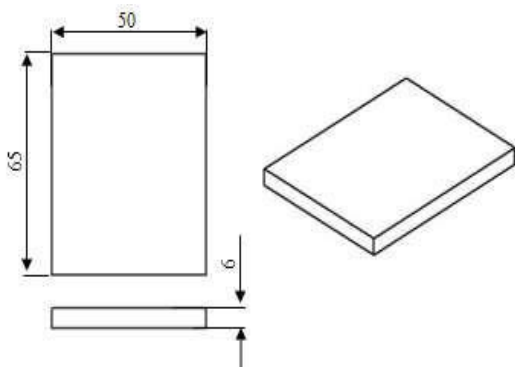


Gambar 1. Mesin *milling*

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).

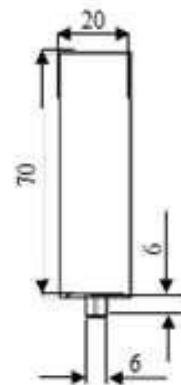
Alumunium 5052 merupakan paduan aluminium dengan magnesium (Mg), paduan ini memiliki sifat tidak dapat diperlakukan-panas, tetapi memiliki sifat baik dalam daya tahan korosi terutama korosi oleh air laut dan sifat mampu las Al-Mg banyak dipakai untuk konstruksi umum termasuk konstruksi kapal. Material 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.



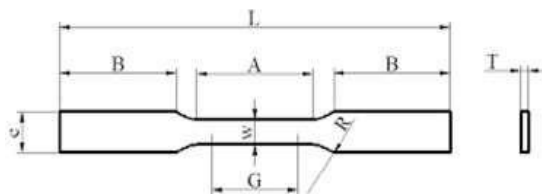
Gambar 2. Dimensi spesimen

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 pemadu 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 indenter

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

Analisa Pengujian Kekerasan *Rockwell*

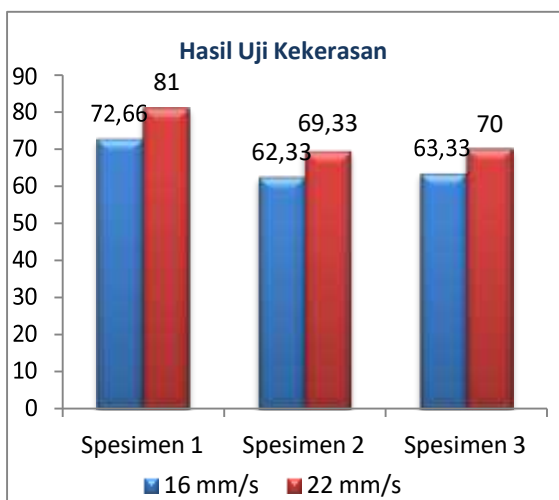
Teori dasar kekerasan secara umum didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Pada prinsipnya terdapat tiga kategori pengujian kekerasan dengan metode indentasi atau penekanan yaitu *Brinell*, *Rockwell*, dan *Vickers*, namun ketiga kategori 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 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 | | | Al 1100 | | Al 5052 | | | | | | |
| | | | | HAAZ | THAAZ | HAAZ | THAAZ | SZ | HAAZ | THAAZ | HAAZ | THAAZ | SZ | | | | |
| 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 | 16 | 68 | 70 | 50 | 49 | 58 | 69,66 | 69,33 | 49,66 | 47,66 | 62,33 | | | | |
| | | | | 69 | 69 | 52 | 49 | 67 | | | | | | | | | |
| | | | | 69 | 69 | 50 | 47 | 64 | | | | | | | | | |
| | | | | 71 | 70 | 47 | 47 | 59 | | | | | | | | | |
| | | | | x (rata-rata) | | | | 68,77 | | | | | | 68,66 | 51,10 | 45,55 | 66,10 |
| | | | | 3 | Changing Spiral Form | 2000 | 22 | 69 | | | | | | 67 | 47 | 41 | 77 |
| 69 | 69 | 50 | 44 | | | | | 84 | | | | | | | | | |
| 60 | 60 | 40 | 45 | | | | | 83 | | | | | | | | | |
| 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 | 69,66 | 71,33 | 46,66 | 42,66 | 69,33 | | | | |
| | | | | 67 | 70 | 45 | 45 | 73 | | | | | | | | | |
| | | | | 69 | 69 | 52 | 49 | 67 | | | | | | | | | |
| | | | | 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 4. Grafik perubahan nilai kekerasan

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

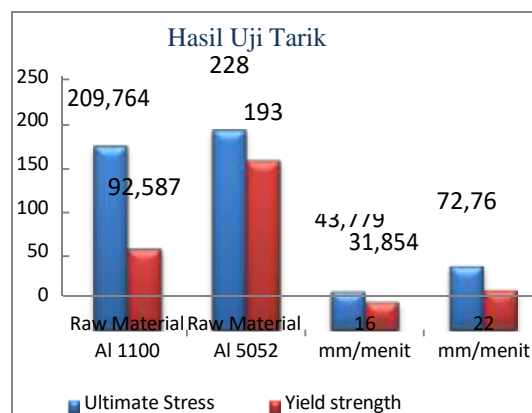
ataupun berbeda-beda. Jenis *tool* ini menghasilkan tampilan permukaan hasil pengelasan yang konsisten cukup baik di dua variasi kecepatan translasi *tool* yang berbeda yakni pada kecepatan translasi 16 mm/menit dan 22 mm/menit. Selain hasil tampilan las jenis *tool* ini juga unggul dalam proses penetrasi,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

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 5. Grafik Nilai Ultimate Stress dan Yield Strength

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 perpindahan terjadi pada daerah *weld zone*, yang merupakan daerah yang paling banyak mengalami perlakuan teknik. 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).

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%.

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.

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% |

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 |

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 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.

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 Pengelasan Logam Menggunakan Bahan Aluminium 5052". Skripsi. Universitas Lampung.
- [9] 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.