

**ANALISIS *X-RAY DIFFRACTION (XRD)*
PADA FRICTION STIR WELDING PADA ALUMINIUM SERI
6061-T6 DENGAN PENAMBAHAN FILLER PELAT SENG DAN
PELAT KUNINGAN**



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

Oleh :

YOGI BAWONO AJI

D200150236

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS X-RAY DIFFRACTION (XRD)
PADA FRICTION STIR WELDING PADA ALUMINIUM SERI 6061-T6
DENGAN PENAMBAHAN FILLER PELAT SENG DAN PELAT KUNINGAN**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

YOGI BAWONO AJI

D 200 150 236

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

**Dosen
Pembimbing**



Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS X-RAY DIFFRACTION (XRD) PADA FRICTION STIR WELDING PADA ALUMINIUM SERI 6061-T6 DENGAN PENAMBAHAN FILLER PELAT SENG DAN PELAT KUNINGAN

OLEH
YOGI BAWONO AJI
D200150236

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 23 Januari 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Agung Setyo Darmawan, S.T., M.T.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Agus Yulianto, S.T., M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)



Dekan

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

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 ada ketidakbeneran dalam pernyataan saya diatas, maka akan dipertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 14 Februari 2020

Penulis



YOGI BAWONO AJI
NIM. D200150236

**ANALISIS X-RAY DIFFRACTION (XRD)
PADA FRICTION STIR WELDING PADA ALUMINIUM SERI 6061-T6
DENGAN PENAMBAHAN FILLER PELAT SENG DAN PELAT KUNINGAN**

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan struktur Kristal dan karakteristik senyawa dari hasil pengelasan dengan metode *Friction Stir Welding* (FSW) melalui pengujian *X-ray diffraction* (XRD). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium paduan seri 6061-T6. Dalam proses ini, digunakan material *filler* dari pelat kuningan dan pelat seng. Oleh karena itu, variasi dari spesimennya adalah FSW dengan *filler* dan tanpa *filler*. Hasil penelitian menunjukkan terdapat Karakteristik Struktur Kristal pada setiap material, Material pertama terbentuk unsur Aluminium , peak tertinggi di dapat pada sudut $38,52^\circ$ dengan intensitas 9224 Cps, struktur kristalnya berbentuk Face Center Cubic dengan panjang kisi 52,86 nm dan densitas sebesar $2,717 \text{ g/cm}^3$, material kedua terbentuk Senyawa $\text{Al}_2\text{O}_4\text{Zn}$, peak tertinggi di dapat pada sudut $78,16^\circ$ dengan intensitas 760 Cps, struktur kristalnya berbentuk Heksagonal dengan panjang kisi 65,6 nm dan densitas sebesar $4,724 \text{ g/cm}^3$, material ketiga terbentuk Senyawa Cu Zn, peak tertinggi Cu Zn di dapat pada sudut 38.54° dengan Intensitas 3458 Cps. Struktur kristalnya berbentuk Face Center Cubic dengan panjang kisi 0 nm dan density sebesar 8.382 g/cm^3 , dan senyawa Al_2Cu , peak tertinggi di dapat pada sudut 78.24° dengan Intensitas 1094 , Struktur kristalnya berbentuk Tetragonal dengan panjang kisi 109.2 nm dan density sebesar 4.348 g/cm^3

Kata kunci : *Friction Stir Welding*, *X-ray Diffraction*, Struktur Kristal, Aluminium.

Abstract

The purpose of this study was to study the differences in crystal structure and composition characteristics of the welding results by the Friction Stir Welding (FSW) method through X-ray diffraction (XRD) testing. The material used in this research is aluminum alloy 6061-T6 series. In this process, fillers are used from brass plates and zinc plates. Therefore, variations of the specimen are FSW with filler and without filler. The results of the study showed the Crystal Structure Characteristics of each material, the first material formed was not Aluminium, the highest peak was obtained at an angle of 38.52° with an intensity of 9224 Cps, the crystal structure was Face Center Cubic with a lattice length of 52.86 nm and a density of 2.717 g/cm^3 , the second material is formed $\text{Al}_2\text{O}_4\text{Zn}$ Compound, the highest peak can be obtained at an angle 78.16° with an intensity of 760 Cps, Hexagon shaped crystal structure with a lattice length of 65.6 nm and a density of 4.724 g/cm^3 , the material produced by the Compound Cu Zn, The highest peak can be obtained at an angle of 38.54° with an intensity of 3458 Cps. The crystalline structure forms a Face Center Cubic with a lattice length of 0 nm and a density of 8.338 g/cm^3 , and the composition of Al_2Cu , the highest peak can be at an angle of 78.24° with intensity 1094, the crystal structure is Tetragonal with a lattice length of 109.2 nm and a density of $4,348 \text{ g/cm}^3$

Keywords: Friction Friction Welding, X-Ray Diffraction, Crystal Structure, Aluminum.

1. PENDAHULUAN

Di dunia industri yang berkaitan dengan logam, banyak sekali proses – proses penyambungan logam. Salah satu proses penyambungan dua bagian logam adalah dengan cara mengelas, yaitu menyambung dua bagian logam atau lebih secara permanen dengan menggunakan energi panas. Teknik pengelasan banyak di aplikasikan dalam proses penyambungan karena karakteristiknya yang ringan dan proses nya relatif mudah sehingga biaya yang di perlukan relatif murah.

Salah satu metode baru dalam proses pengelasan adalah metode *Friction Stir Welding* (FSW). *Friction Stir Welding* dikelompokkan dalam proses *Solid State Welding* (SSW) yaitu penyatuan dua logam tanpa mencairkan logam yang disatukan (dalam keadaan padat) selama proses penyatuan. Prinsip kerja *friction stir welding* adalah memanfaatkan gesekan dari *tool* yang berputar dan bergerak pada alur pengelasan dengan benda kerja yang diam. Gesekan yang terjadi menghasilkan panas di bawah tekanan aksial yang besar pada daerah pengelasan. Proses ini beroperasi pada temperatur yang relatif rendah. Penggabungan material (hasil lasan) dihasilkan dari kombinasi pergeseran *tool* dan *mechanical deformation* dari material kerja selama pergeseran *tool*.

Parameter pengelasan dengan metode *friction stir welding* meliputi kecepatan putar (*rotational speed*), kecepatan tempuh (*travel speed*), kemiringan *tool* (*tool tilt*), kedalaman *shoulder* (*shoulder plunge*), kedalaman penetrasi *probe*, dan lain-lain. Rajakumar dkk (2012) dalam penelitiannya mengemukakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan dengan metode *friction stir welding* antara lain *welding tool*, kecepatan putar *tool*, kecepatan pengelasan, dan gaya tekan *tool* terhadap benda kerja. Dengan pemilihan parameter pengelasan yang tepat maka kekuatan sambungan akan meningkat dan cacat pengelasan dapat diminimalkan.

X-ray diffraction (XRD) merupakan salah satu metoda karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Sinar X merupakan radiasi elektromagnetik yang memiliki energi tinggi sekitar 200 eV sampai 1 MeV. Sinar X dihasilkan oleh interaksi antara berkas elektron eksternal dengan elektron pada kulit atom. Spektrum sinar X memiliki panjang gelombang 10^{-10} s/d $5 \cdot 10^{-10}$ nm, berfrekuensi 1017-1020 Hz dan memiliki energi 103-106 eV. Panjang gelombang sinar X memiliki orde yang sama dengan jarak antar atom sehingga dapat digunakan sebagai sumber difraksi kristal. Sinar X dihasilkan dari tumbukan elektron berkecepatan tinggi dengan logam sasaran. Difraksi sinar-x merupakan metode analisa yang memanfaatkan interaksi antara sinar-x dengan atom yang tersusun dalam sebuah system kristal. Untuk dapat memahami prinsip dari difraksi sinar-x dalam analisa kualitatif maupun kuantitatif, terlebih dahulu diuraikan penjelasan mengenai sistem kristal. Ketika berkas sinar-X berinteraksi dengan suatu material, terdapat tiga kemungkinan yang dapat terjadi, yaitu absorpsi (penyerapan), difraksi (penghamburan), atau fluoresensi yakni pemancaran kembali sinar-X dengan energi yang lebih rendah. Ketiga fenomena inilah yang menjadi landasan dalam analisa menggunakan teknik sinar-X (Muzakir, 2012).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan pengaruh penambahan *filler* berupa pelat kuningan dan pelat seng dalam *friction stir welding* terhadap kekuatan sambungan las pelat aluminium seri 6061-T6. Foto XRD (*X-Ray Diffraction*) digunakan untuk menganalisis struktur kristal guna mengetahui parameter kisi, jenis struktur, susunan atom yang berbeda pada kristal hasil pengelasan.

Qixian Zheng dkk (2016), meneliti hasil pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) antara 6061 Al dan 316 *stainless steel* menggunakan Zn sebagai logam pengisi. Dalam penelitian ini, telah dicapai kekerasan pada sambungan Al-Zn-baja dengan menggunakan struktur berlapis "sandwich". Dengan *tool pin* yang dibenamkan ke Zn foil, Zn diaduk menjadi satu ke dalam struktur aluminium di mana lapisan pencampuran Al-Zn terjadi pada bagian aluminium. Sedangkan pada antar muka baja-Zn, ditemukan struktur lapisan tipis dari pencampuran baja-Zn dan tidak terdapat interlayer senyawa intermetalik yang ditemukan. Pada pengelasan dengan metode *lap joint*, Zn foil sebagai logam pengisi menunjukkan kekuatan yang lebih baik dari pada sambungan tanpa logam pengisi.

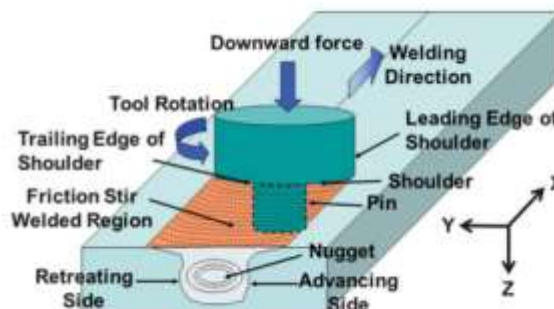
K.Tejonadha Babu dkk (2014), *Friction stir butt welding* pada AA6061 menggunakan aluminium murni sebagai pelat *filler*. Studi makro dan mikro menyatakan bahwa pengendapan pelat *filler* telah terjadi pada permukaan sambungan las. Lasan menggunakan pelat *filler* menunjukkan penurunan 13% dari kekerasannya. Penurunan kekerasan ini disebabkan adanya efek gabungan pengasaran dari pengendapan dan aluminium murni di zona aduk. Kekuatan tarik dari sambungan menggunakan pelat *filler* mencapai 60% dari kekuatan tarik *base metal*. Hasil tes Potensiodinamik Polarisasi (PDP) menunjukkan peningkatan ketahanan korosi yang dimiliki dengan aluminium murni sebagai bahan pengisi pada sambungan dibandingkan dengan sambungan tanpa bahan pengisi.

Lusita dkk (2019), mempelajari struktur lapisan dari Fe-Si-Al-Mg menggunakan XRD (*X-Ray diffraction*) untuk mengetahui fasa yg terbentuk dan OM (*Optical Microscopy*) untuk mengetahui ketebalan lapisan yang didapatkan. Lapisan Fe-Si-Al-Mg yang melapisi baja karbon rendah terlihat mengalami perubahan puncak (peak). Pada komposisi sampel A tersusun beberapa fasa yang terbentuk, yaitu FeSi₂, Al_{0,7}Fe₃Si_{0,47}, Si, dan Al sedangkan komposisi sampel B dan C terbentuk fasa FeSi₂, Al_{0,7}Fe₃Si_{0,47}, Si, Al, dan Mg₂Si. Tabel 2, menunjukkan beberapa puncak yang diobservasi. Intensitas puncak FeSi₂ pada sudut difraksi $2\theta = 17^\circ$ cenderung tetap seiring penurunan konsentrasi Al. Intensitas puncak Mg₂Si pada sudut difraksi $2\theta = 24^\circ$ mengalami kenaikan puncak seiring dengan bertambahnya konsentrasi Mg. Hal ini menunjukkan bahwa Mg lebih reaktif terhadap unsur Si dibanding dengan Al ketika proses pemaduan mekanik. Di samping itu, dapat dilihat bahwa intensitas puncak Si pada sudut difraksi $2\theta = 28^\circ$ mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya Mg dan berkurangnya konsentrasi Al. Intensitas puncak Al pada sudut difraksi $2\theta = 65^\circ$ mengalami penurunan intensitas seiring dengan penurunan konsentrasi Al. Al bersama dengan fero silikon membentuk fasa baru Al_{0,7}Fe₃Si_{0,47}, sehingga perbedaan komposisi unsur pembentuk dapat mengubah parameter kisi dan puncak difraksi.

Xia Chunzhi DKK (2008), melakukan penelitian tentang *Microstructure and phase constitution near the interface of Cu/Al vacuum brazing using Al-Si filler metal*. Hasil penelitian menunjukkan pada Vacuum brazing Cu/Al dilakukan analisis *XRD* dengan material tembaga dalam kondisi berikut: bekerja pada tegangan 60 kV dan arus 40 mA. Hasil *XRD* dapat dilihat pada Gambar 2.10. Perbandingan hasilnya diperoleh dari data *Joint Committee On Power Diffraction Standards (JCPDS)* yang dapat dilihat pada tabel 2.2. Menurut hasil analisis *XRD*, *brazing seam* wilayah ini terutama pada α -Al berbentuk padat. Cu_3Al_2 dan CuAl_2 IMC. Data analisis *EPMA* menunjukkan beberapa fase, yaitu $\text{Cu}_{15}\text{Si}_4$, Al-Si dan CuZn_2 , yang terbentuk di lapisan las *brazing* dan fase-fase ini muncul dalam bentuk senyawa *acicular*. Senyawa *acicular* ini tersebar di daerah las *brazing* dan IMC yang terbentuk rapuh. Kekerasan mikro di daerah las dan kerapuhannya akan meningkat. Jadi parameter teknologi (*holding time, brazing dan vacuum level*) harus diatur untuk membatasi difusi Al ke dalam substrat Cu dan pembentukan IMC yang rapuh di lapisan las.

1.1 Friction Stir Welding

Friction Stir Welding (FSW) merupakan salah satu teknik pengelasan baru yang diciptakan oleh *The Welding Institute (TWI)*, Cambridge, Inggris. *Friction Stir Welding (FSW)* merupakan proses penyambungan dua material logam maupun non logam. Prinsip dari pengelasan *Friction Stir Welding (FSW)* yaitu memanfaatkan energi panas yang terjadi karena gesekan antara *tool* dengan permukaan benda kerja untuk melunakkan dan menyambung material. Suhu dalam proses pengelasan *Friction Stir Welding (FSW)* tidak melewati titik lebur benda kerja dan digunakan untuk aplikasi di mana kebutuhan akan perubahan karakteristik dasar dari benda kerja bisa diminimalisir sekecil mungkin.



Gambar 1 *Friction Stir Welding* (Mishra, 2014).

1.2 Prinsip Kerja *Friction Stir Welding* (FSW)

Dalam *Friction Stir Welding* (FSW), *tool* pengelasan dengan atau tanpa profil pada *probe* berputar dan bergerak dengan kecepatan konstan sepanjang jalur sambungan antara dua material yang dilas. Benda kerja harus dicekam dengan kuat pada *fixture* atau ragum untuk mempertahankan posisinya akibat gaya yang terjadi pada waktu pengelasan. Panjang dari *pin/probe* harus lebih pendek dari pada tebal benda kerja dan *shoulder* dari *tool* harus bersentuhan dengan permukaan benda kerja. Gesekan panas (*Frictional Heat*) pada FSW dihasilkan dari gesekan antara *pin/probe* dan *shoulder welding tool* dengan material benda kerja. Panas ini bersamaan dengan panas yang dihasilkan dari proses pengadukan mekanik (*mechanical mixing*) akan menyebabkan material yang diaduk akan melunak tanpa melewati titik leburnya (*melting point*), hal inilah yang memungkinkan *tool* pengelasan bisa bergerak sepanjang jalur pengelasan. Ketika *pin welding tool* bergerak sepanjang jalur pengelasan, permukaan depan *pin/probe* akan memberikan gaya dorong plastis terhadap material ke arah belakang *pin/probe* sambil memberikan gaya tempa yang kuat untuk mengkonsolidasikan logam las.

1.3 Logam Paduan Aluminium 6061-T

Aluminium ini adalah jenis paduan aluminium-magnesium-silikon. Unsur Mg dan Si menjadi unsur paduan utama dengan komposisi terbanyak dibanding unsur paduan lainnya. Komposisi kimia aluminium 6061-T6 dapat dilihat pada tabel 2.3. Paduan dalam sistem ini memiliki kekuatan yang lebih kecil dibanding paduan lainnya yang digunakan sebagai bahan tempaan, tetapi sangat liat, sangat baik kemampuan bentuknya untuk penempaan. Aluminium 6061-T6 termasuk dalam kategori *heat treatable*, yang artinya dapat dilakukan penguatan dengan cara *mechanical working* dan *precipitation hardening*. Biasanya material ini digunakan untuk berbagai bidang seperti pada struktur *offshore*, *body panel* mobil, jendela, pintu, dan lain-lain.

1.4 Aluminium

Aluminium merupakan unsur logam terbanyak ketiga di muka bumi, dimana hampir 8% berat dari kerak bumi adalah aluminium. Biji bauksit adalah bahan utama untuk pembuatan aluminium yang terdapat di dalam batu-batu dalam kerak bumi (Surdia.T.,Saito,S,1995). Aluminium terkenal sebagai bahan yang tahan terhadap korosi. Hal ini disebabkan oleh fenomena pasivasi, yaitu proses pembentukan lapisan aluminium oksida di permukaan logam aluminium setelah logam terpapar oleh udara bebas. Lapisan aluminium oksida ini mencegah terjadinya oksidasi lebih jauh. Namun pasivasi dapat terjadi lebih lambat jika dipadukan dengan logam yang bersifat lebih katodik, karena dapat mencegah oksidasi aluminium. Karena afinitasnya yang kuat terhadap oksigen, ia tidak ditemukan dalam keadaan unsur tetapi hanya dalam bentuk gabungan seperti oksida atau silikat

1.5 X-Ray Diffraction (XRD)

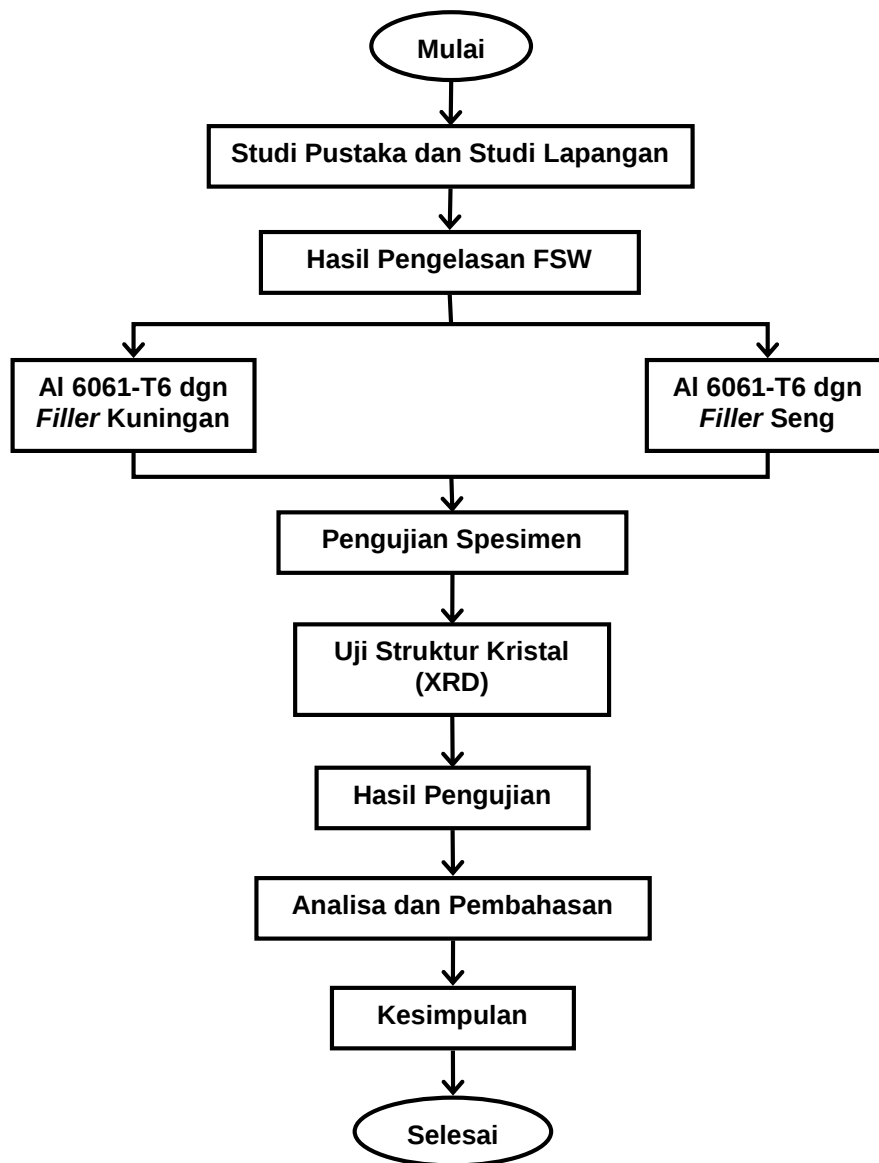
XRD merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat. Semua bahan yang mengandung kristal tertentu ketika dianalisa menggunakan XRD akan memunculkan puncak-puncak yang spesifik. Sehingga kelemahan alat ini tidak dapat untuk mengkarakterisasi bahan yang bersifat amorf (dikutip dari material cerdas Indonesia).

Menurut Mukti (2012), XRD merupakan salah satu alat yang memanfaatkan prinsip dari persamaan Hukum Bragg dengan menggunakan metoda karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Bahan yang dianalisa adalah tanah halus, homogenized, dan rata-rata komposisi massal ditentukan.

Menurut Smallman (1991); karakterisasi XRD bertujuan untuk menentukan system kristal. Metode difraksi sinar-X dapat menerangkan parameter kisi, jenis struktur, susunan atom yang berbeda pada kristal, adanya ketidaksempurnaan dalam kristal, orientasi, butir-butir dan ukuran butir suatu material. Menurut Smallman & Bishop (1999); XRD dapat digunakan untuk menentukan jenis struktur kristal menggunakan sinar-X. metode ini digunakan untuk menentukan jenis struktur, ukuran butir, konstanta

kisi dan FWHM. Sinar-X merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang diantara 400-800 nm.

2. METODE



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Alat :

- a. Alat Uji XRD
- b. Gerinda
- c. Amplas
- d. Autosol
- e. Mesin Poles
- f. Resin
- g. Cetakan Resin

Bahan :

- a. Aluminium 6061-T
- b. *Filler* Seng
- c. *Filler* Kuningan

2.1 Langkah Penelitian**2.1.1 Proses *Friction Stir Welding***

Proses pengelasan dilakukan dengan mesin *milling* universal. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah kecepatan putaran *tool* 1250 rpm, dengan *welding speed* 10 mm/menit dengan kemiringan *tool* sebesar 1° terhadap sumbu x dan *depth lunge* 3mm.

2.1.2 Pengujian XRD

Sampel yang akan diuji merupakan potongan atau sisi dari hasil sambungan masing – masing spesimen. Sebelum dilakukan pemiindaian dengan mesin XRD. Sampel melalui beberapa langkah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan sampel yang akan diuji.
- b. Memotong sampel sesuai ukuran pada mesin *XRD*.
- c. Mengamplas bagian sampel yang akan diuji.
- d. Melakukan *coating* pada permukaan sampel yang akan diuji.
- e. Meletakkan sampel yang sudah siap diuji kedalam mesin XRD.
- f. Melakukan pemindaian atau proses XRD.

Dalam penelitian ini, pemindaian XRD dilakukan untuk mendeteksi senyawa yang terbentuk dari *friction stir welding*, adapun pemindaian XRD dilakukan untuk mengetahui karakterisasi serbuk tembaga dan unsur yang terbentuk akibat dari proses *friction stir welding*. Spesimen yang akan di uji XRD perlu dipersiapkan dengan baik dan benar sehingga nantinya struktur logam yang akan dilihat melalui mesin XRD dapat dilihat dengan jelas. Berikut proses penyiapan spesimen untuk uji XRD.

- Pemotongan (*sectioning*)

Proses pemotongan merupakan pemindahan material dari sampel yang besar menjadi spesimen dengan ukuran yang kecil. Pemotongan yang salah akan mengakibatkan struktur mikro yang tidak sebenarnya karena telah mengalami perubahan. Kerusakan pada material pada saat proses pemotongan tergantung pada material yang dipotong, alat yang digunakan untuk memotong, kecepatan potong dan kecepatan makan. Pada beberapa spesimen, kerusakan yang ditimbulkan tidak terlalu banyak dan dapat dibuang pada saat pengamplasan dan pemolesan. Spesimen dipotong tepat ditengah logam las yang menggunakan gergaji besi sambl disiram dengan air untuk menjaga kondisi logam tetap pada suhunya.

- Pemingkaian (*mounting*)

Mounting adalah proses pengikatan spesimen dan pemberian jarak pada spesimen uji dengan cara meletakkan spesimen pada cetakan, kemudian memasukkan resin yang sudah dicampur dengan katalis kemudian dibiarkan sampai mengering.

- Pengampelasan

Pengampelasan benda uji dilakukan dengan kertas ampelas dimulai dari tingkat kasar sampai tingkat halus. Tingkat kehalusan kertas ampelas ditentukan oleh ukuran serbuk silikon karbida pada kertas tersebut. Ukuran ampelas yang digunakan dimulai dari ukuran 800, 1000, 1300, 1500, 2000, dan 5000 yang dipasang pada mesin amplas.

- Pemolesan (*Polishing*)

Untuk meningkatkan tingkat khalusan yang maksimal maka bahan uji yang telah di ampelas selanjutnya di proses *polishing*. Pada pemolesan menggunakan autosol dan kain bludru agar benda uji cepat halus dan mengkilap.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia telah dilakukan oleh Eko Prasetyo (2017). Hasil uji komposisi kimia seperti terlihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 Hasil pengujian komposisi kimia aluminium

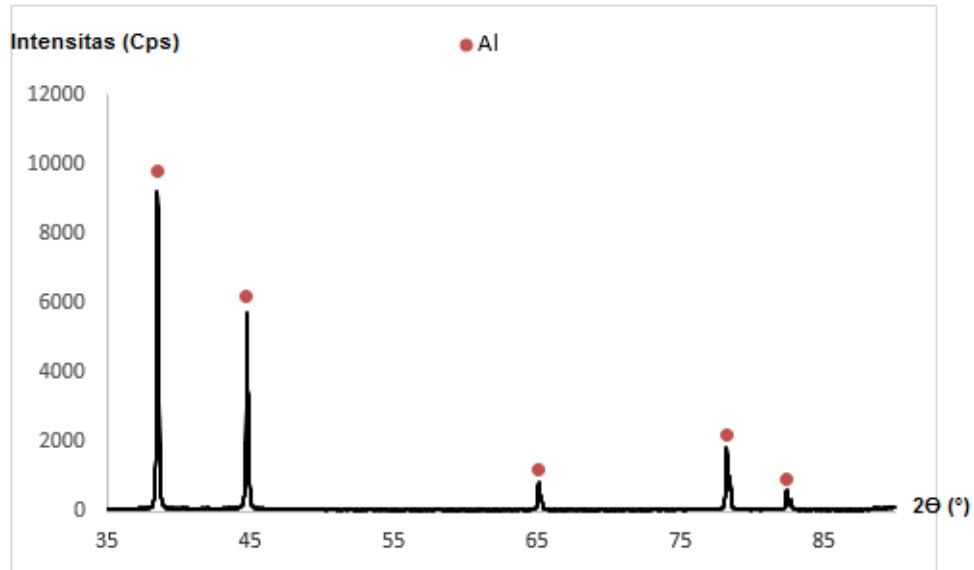
No	Komposisi	Persentase (%)
1	Al	97,32
2	Si	0,69
3	Fe	0,5
4	Cu	0,22
5	Mn	0,11
6	Mg	0,86
7	Cr	0,15
8	Zn	0,11
9	Ti	0,05
10	Pb	0,02

Tabel 1 menunjukan hasil pengujian komposisi kimia, diambil tiga unsur paling banyak kemudian dimasukkan ke dalam “*MatWeb Material Property Data*” dan didapatkan bahwa material aluminium tersebut termasuk ke seri 6xxx, jika dibandingkan dengan hasil dari “*MatWeb Material Property Data*” maka hasilnya mendekati aluminium seri 6061-T6 dengan *property* Al = 99.0% - 100%, Fe = 0.00600 – 0.800% Si + Fe = 0.0200 – 1.00%.

3.1 Hasil Pengujian XRD

Pengujian *XRD (X-Ray Diffraction)* pada penelitian ini digunakan untuk melihat karakterisasi struktur kristal dan mengetahui unsur – unsur apa saja yang berada khususnya pada area *base metal* dan sambungan.

3.1.1 Analisis hasil pengujian XRD Untuk *Friction Stir Welding* (FSW) aluminium 6061-T6 Tanpa *Filler*.



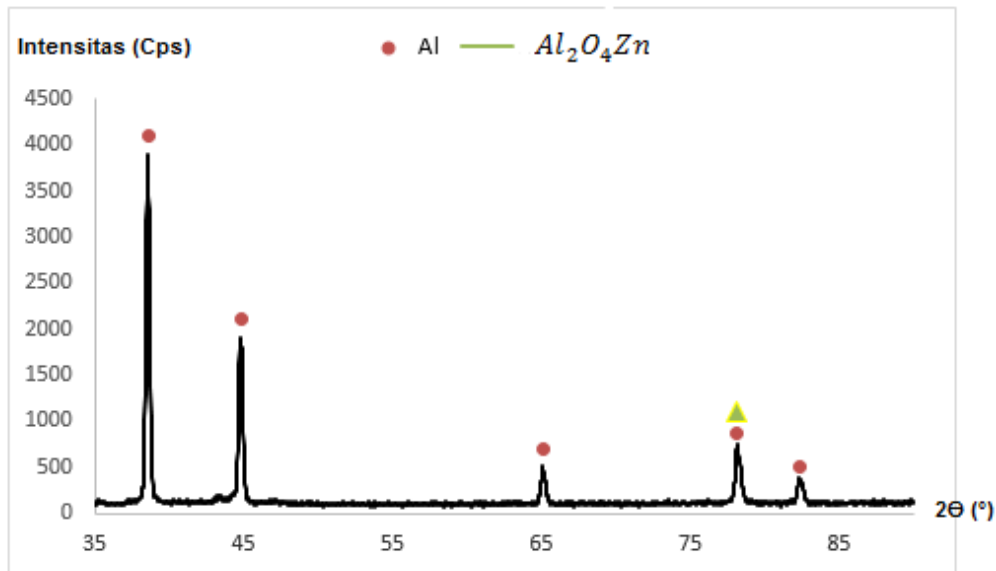
Gambar 3 Grafik Hubungan Intensitas dan 2θ pada *Friction Stir Welding* (FSW) Aluminium tanpa *Filler* .

Dari hasil analisis Gambar 3 Unsur Al mempunyai peak tertinggi Al di dapat pada sudut 38.52° dengan Intensitas 9224 , dapat dilihat pada Tabel 3 Struktur kristalnya berbentuk Face Center Cubic, pada unsur ini terdapat mineral aluminium dengan panjang kisi 52.86 nm dan density sebesar 2.717 g/cm^3 , dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 3 2θ dan Intensitas

No	Fase	2θ (°)	Intensitas (Cps)
1	Al	38.52	9224
		44.76	5744
		65.1	820
		78.2	1860
		82.4	616

3.1.2 Analisis hasil pengujian XRD Untuk *Friction Stir Welding* (FSW) aluminium 6061-T6 dengan *Filler* Seng.



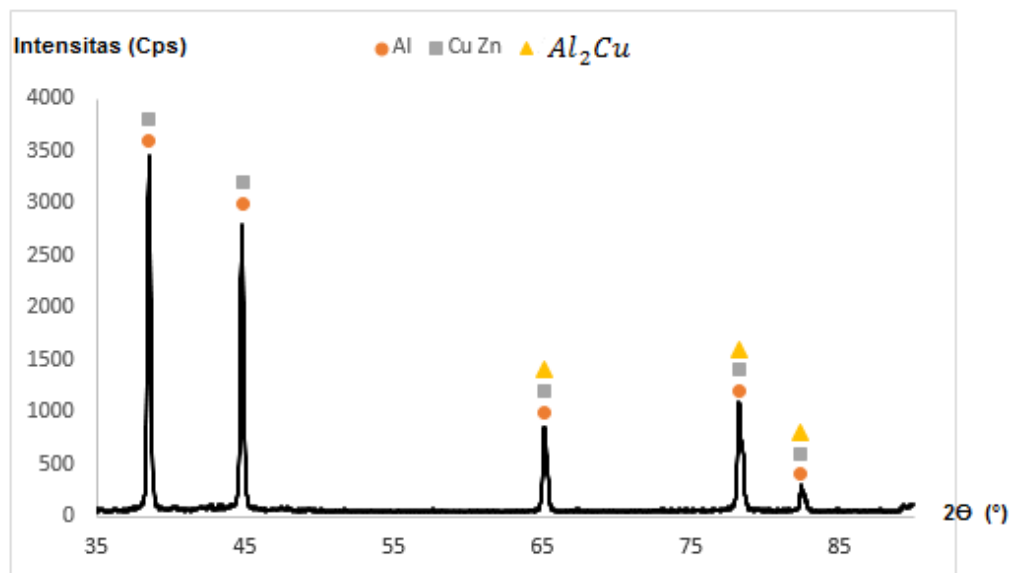
Gambar 4 Grafik Hubungan Intensitas dan 2θ pada *Friction Stir Welding* (FSW) Aluminium dengan *Filler* Seng.

Dari hasil analisis Gambar 4 Unsur Al mempunyai peak tertinggi Al di dapat pada sudut 38.58° dengan Intensitas 3898 , dapat dilihat pada Tabel 4 Struktur kristalnya berbentuk Face Center Cubic, pada unsur ini terdapat mineral aluminium dengan panjang kisi 33.15 nm dan density sebesar 2.693 g/cm^3 , dapat dilihat pada Tabel 6 Terbentuk senyawa $\text{Al}_2\text{O}_4\text{Zn}$, peak tertinggi di dapat pada sudut 78.16° dengan Intensitas 760 , dapat dilihat pada Tabel 4 Struktur kristalnya berbentuk Heksagonal , pada unsur ini terdapat mineral aluminium dengan panjang kisi 65.6 nm dan density sebesar 4.724 g/cm^3 , dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 4 2 θ dan Intensitas

No	Fase	2 θ (°)	Intensitas (Cps)
1	Al	38.58	3898
		44.82	1912
		65.06	508
		78.16	760
		82.3	392
2	Al_2O_4Zn	0	0
		0	0
		0	0
		78.16	760
		0	0

3.1.3. Analisis hasil pengujian XRD Untuk *Friction Stir Welding* (FSW) aluminium 6061-T6 dengan *Filler* Kuningan.



Gambar 5 Grafik Hubungan Intensitas dan 2θ pada *Friction Stir Welding* (FSW) Aluminium dengan *Filler* Kuningan.

Dari hasil analisis Gambar 3.3 terbentuk unsur Al, peak tertinggi Al di dapat pada sudut 38.54° dengan Intensitas 3458 , dapat dilihat pada Tabel 5 Struktur kristalnya berbentuk Face Center Cubic, pada unsur ini terdapat mineral aluminium dengan panjang kisi 72.94 nm dan density sebesar 2.693 g/cm^3 , dapat dilihat pada Tabel 6 Terbentuk Senyawa Cu Zn , peak tertinggi Cu Zn di dapat pada sudut 38.54° dengan Intensitas 3458 , dapat dilihat pada Tabel 5 Struktur kristalnya berbentuk Face Center Cubic, pada unsur ini tidak terdapat mineral aluminium dengan panjang kisi 0 nm dan density sebesar 8.382 g/cm^3 , dapat dilihat pada Tabel 6 Terbentuk Senyawa Al_2Cu , peak tertinggi Al_2Cu di dapat pada sudut 78.24° dengan Intensitas 1094 , dapat dilihat pada Tabel 6 Struktur kristalnya berbentuk Tetragonal, pada unsur ini terdapat mineral aluminium dengan panjang kisi 109.2 nm dan density sebesar 4.348 g/cm^3 , dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5 2θ dan Intensitas

No	Fase	2θ ($^\circ$)	Intensitas (Cps)
1	Al	38.54	3458
		44.8	2790
		65.12	856
		78.24	1094
		82.4	298
2	Cu Zn	38.54	3458
		44.8	2790
		65.12	856
		78.24	1094
		82.4	298
3		0	0

		0	0
	Al_2Cu	65.12	856
		78.24	1094
		82.4	298

Tabel 6 komposisi Fase Intermetalik

No	Fase	Komposisi (%)				Struktur Kristal	Density (g/cm ³)	Panjang Kisi (Å)
		Al	Zn	Cu	O			
1	Al	100	-	-	-	Cubic	2.717	9.1
2	Al_2O_4Zn	28.57	14.28		57.14	Cubic	4.724	3.332
	Al	100	-	-	-	Cubic	2.693	5.19
3	Al	100	-	-	-	Cubic	2.693	7.290
	Cu Zn	-	50	50	-	Cubic	8.382	0
	Al_2Cu	66.66	-	33.33	-	Tetragonal	4.348	6.686

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian dan menganalisa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Dari hasil analisis *XRD* pada setiap material di ketahui terbentuk suatu unsur, yang pertama yaitu Aluminium , peak tertinggi di dapat pada sudut 38,52° dengan intensitas 9224 Cps, struktur kristalnya berbentuk Face Center Cubic dengan parameter kisi 52,86 nm dan densitas sebesar 2,717 g/cm³, yang kedua *Friction Stir Welding* dengan Penambahan *Filler* Seng terbentuk Senyawa Al_2O_4Zn , peak tertinggi di dapat pada sudut 78,16° dengan intensitas 760 Cps, struktur kristalnya berbentuk Heksagonal dengan parameter kisi 65,6 nm dan densitas sebesar 4,724 g/cm³, yang ketiga *Friction Stir Welding* antara Aluminium dengan Penambahan

Filler Kuningan terbentuk Senyawa Cu Zn , peak tertinggi di dapat pada sudut 38.54° dengan Intensitas 3458 Cps . Struktur kristalnya berbentuk Face Center Cubic dengan parameter kisi 0 nm dan density sebesar 8.382 g/cm^3 , dan senyawa Al_2Cu , peak tertinggi di dapat pada sudut 78.24° dengan Intensitas 1094 , Struktur kristalnya berbentuk Tetragonal dengan parameter kisi 109.2 nm dan density sebesar 4.348 g/cm^3

1.2 Saran

Dalam penelitian selanjutnya, penulis mempunyai beberapa saran yang mungkin dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian antara lain :

- 1) Sebelum melakukan proses *Friction Stir Welding* (FSW) sebaiknya mencari referensi mengenai dasar dan teknik pengelasannya serta menentukan *standart* sehingga pada saat melakukan pengelasan tidak mengalami kesulitan.
- 2) Untuk mendapatkan hasil analisis *xrd* yang bagus setiap variasi sangat perlu memperhatikan preparasi material dibutuhkan.
- 3) Sebelum melakukan proses FSW, diusahakan material bersih dari kotoran maupun kerak..

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials, 2001, “Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens”, ASTM, E3-01.
- American Society for Testing and Materials, 2002, “Standard Test Methods for Microindentation Hardness of Material”, ASTM, E384-99.
- American Society for Testing and Materials, 2003, “Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Material”, ASTM, E8M-04.
- Askeland, Donald R.; Phulé, Pradeep P., 2002, “The Science and Engineering of Materials”, Thomson-Engineering, U.S.A. to United Kingdom.
- Babu, K.T., Kumar, P. K., Muthukumaran S., 2014, “Mechanical, Metallurgical Characteristics and Corrosion Properties of Friction Stir Welded AA6061-T6 Using Commercial Pure Aluminium as a Filler Plate”.
- Esmaeili, A., Givi, M. K. B., Rajani, H. R. Z., 2001, “A Metallurgical and Mechanical Study on Dissimilar Friction Stir welding of Aluminum 1050 to Brass (CuZn30)”.
- Kuang, B., Shen, Y., Chen, W., Yao, X., Xu, H., Gao, J., Zhang, J., 2014, “The Dissimilar Friction Stir Lap Welding of 1A99 Al to Pure Cu Using Zn as Filler

Metal with Pinless Tool Configuration”.

Mandal, N.R., 2005, “Aluminium Welding, 2nd.”, Narosa Publishing House Pvt, Ltd, New Delhi, India.

Okumura T. & Wiryosumarto H., 1996, “Teknologi Pengelasan Logam”, Pradnya Pramita, Jakarta.

Polmear, I. J., 1995, “Light Alloys”, Arnold.

Sugito, B., Anggono, A. D., Prasetyana, D., 2016, “Pengaruh Kedalaman Pin (Depth Plunge) Terhadap Kekuatan Sambungan Las pada Pengelasan Gesek AL 5083”.

Winarto, 2008, “Rangkuman Diskusi Aluminium Properties Post Welding”. Diakses 10 Mei 2006 dari migas-indonesia.

Yagati, K. P., Bathe, R. and Joardar, J. (2019) ‘*Al – Steel Joining by CMT Weld Brazing: Effect of Filler Wire Composition and Pulsing on the Interface and Mechanical Properties*’, *Transactions of the Indian Institute of Metals*. Springer India

Zheng, Q., Feng, X., Shen, Y., Huang, G., Zhao, P., 2016, “Dissimilar Friction Stir Welding of 6061 Al to 316 Stainless Steel Using Zn as a Filler Metal”.