

**ANALISIS TEKSTUR PADA PADUAN ALUMINIUM AKIBAT
PENGELASAN *FRICTION STIR WELDING* (FSW) DENGAN METODE
DIFRAKSI NEUTRON**

TUGAS AKHIR

Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh

ELSI GETI AZRI

NIM. 73193

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2013

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

Judul : Analisis Tekstur Pada Paduan Aluminium Akibat
Pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) dengan
Metode Difraksi Neutron

Nama : Elsi Geti Azri

NIM / BP : 73193 / 2006

Program Studi : Fisika

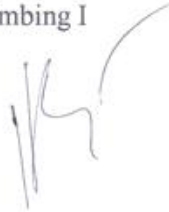
Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 25 Juli 2013

Disetujui oleh :

Pembimbing I



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si.
NIP. 19690120 199303 2 002

Pembimbing II



Drs. Tri Hardi Priyanto, M.T
NIP. 19601026 198803 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN TUGAS AKHIR

Nama : Elsi Geti Azri
NIM / BP : 73193 / 2006
Prog. Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan judul

**Analisis Tekstur Pada Paduan Aluminium Akibat Pengelasan *Friction Stir*
Welding (FSW) Dengan Metode Difraksi Neutron**

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 29 Juli 2013

Tim Penguji

	Nama
Ketua	: Dr. Hj. Ratnawulan, M. Si.
Sekretaris	: Drs. Tri Hardi Priyanto, M. T.
Anggota	: Dra. Syakbaniah, M. Si.
Anggota	: Drs. Gusnedi, M.Si.
Anggota	: Dra. Yenni Darvina, M.Si.

Tanda tangan

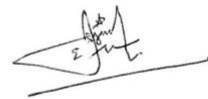


SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 29 Juli 2013

Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Elsi Geti Azri', written over a horizontal line.

Elsi Geti Azri

ABSTRAK

Elsi Geti Azri : Analisis Tekstur Pada Paduan Aluminium Akibat Pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) dengan Metode Difraksi Neutron

Kemajuan ilmu dan teknologi pada saat ini berkembang pesat. Keperluan akan bahan-bahan seperti logam pun semakin meningkat. Logam merupakan bahan yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang. Aluminium adalah salah satu jenis logam yang sangat dibutuhkan saat ini. Sifatnya yang lunak dan mudah dibentuk membuat aluminium menjadi bahan yang memiliki kegunaan beragam. Namun aluminium adalah logam yang sukar untuk disambung. Salah satu metode pengelasan terbaru yang dapat digunakan untuk menyambungkan dua bahan aluminium adalah dengan metode pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) yang memanfaatkan panas dari gesekan antara alat dengan bahan. Proses pengelasan aluminium akan mempengaruhi mikrostruktur dan tekstur dari aluminium tersebut. Tekstur suatu bahan akan mempengaruhi sifat mekanik dari bahan tersebut. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh dari pengelasan FSW terhadap tekstur paduan aluminium dengan menganalisis perubahan orientasi kristalit yang terjadi pada paduan aluminium tersebut.

Paduan aluminium yang telah dilas dengan menggunakan metode FSW dengan kecepatan putar 1140 rpm dan kecepatan melintas 13 mm/menit, dikarakterisasi menggunakan difraktometer tekstur (*Four Circle Diffractometer / Texture Diffractometer DN2*). Pengkarakterisasian dilakukan pada dua daerah yaitu daerah pusat las dan logam induk. Data tekstur yang diperoleh ada dua jenis data keluaran, yaitu data sebelum dikoreksi (data RAW) serta data sesudah dikoreksi (data XPE). Data tersebut kemudian direfine dan dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak *Material Analysis Using Diffraction* (MAUD).

Analisis tekstur dilakukan dengan menggunakan metode WIMV (*William-Imhof-Matthies-Vinel*). Namun dari empat data untuk dua daerah metalurgi las, hanya diperoleh tiga *pole figure*. Ketiga *Pole figure* tersebut kemudian diproyeksikan dengan menggunakan proyeksi stereografi. Dari hasil proyeksi, terlihat adanya perubahan orientasi kristalit pada daerah pusat las. Orientasi kristalit pada daerah pusat las mengarah pada $\langle 001 \rangle$ dan $\langle 110 \rangle$, sedangkan pada daerah logam induk memiliki orientasi kristalit yang mengarah pada $\langle 110 \rangle$.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah yang telah dilimpahkan-Nya sebagai sumber peneguh iman dan kekuatan hati hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Tekstur pada Paduan Aluminium Akibat Pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) dengan Metode Difraksi Neutron”. Shalawat beriring salam semoga tetap tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program Strata Satu di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Dalam menyusun, membuat dan menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak arahan, bimbingan dan dukungan dari semua pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada yang terhormat:

1. Ibu Dr. Ratnawulan, M.Si selaku pembimbing I yang telah memberikan arahan, mengoreksi serta memberikan saran-saran dalam perbaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Drs. Tri Hardi Priyanto, M.T selaku pembimbing II yang telah membimbing serta membantu dalam proses penelitian sekaligus dalam proses penulisan hasil penelitian menjadi sebuah tugas akhir.

3. Ibu Dra. Syakbaniah, M.Si, Bapak Drs. Gusnedi, M.Si, dan Ibu Dra. Yenni Darvina, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan demi kesempurnaan tugas akhir ini.
4. Bapak Drs. Akmam, M.Si selaku ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Dra. Hidayati, M.Si sebagai penasehat akademis yang sekaligus merupakan ketua Program Studi Fisika, Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Bapak dan Ibu Staf Pengajar Jurusan Fisika Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
7. Ibu Dr. Andon Insani, dan semua staf dan pegawai terutama Ketua Bidang Spektrometri Neutron, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Serpong yang telah ikut serta membimbing dalam penulisan tugas akhir ini.
8. Rekan-rekan Fisika 2006, adik-adikku tercinta di Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam dan semua pihak yang telah memberi motivasi, saran dan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Semoga semua bantuan, bimbingan, dan arahan yang telah diberikan dengan tulus kepada penulis dapat menjadi amal ibadah dan mendapat balasan dari Allah SWT. Amin.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan adanya kritikan dan saran demi

kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga semua kritikan dan saran tersebut dapat menjadi masukan positif bagi penulis. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat menambah ilmu dan pengetahuan bagi pembaca.

Padang, Juli 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah.....	3
C. Perumusan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN TEORI	
A. Difraksi Neutron.....	6
B. Kristalografi.....	9
C. Proyeksi Stereografi.....	14
D. Tekstur pada Logam.....	18
E. Metode WIMV.....	22

F. Aluminium.....	22
G. Friction Stir Welding.....	25
H. Penelitian Yang Relevan	27

BAB III METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian.....	32
B. Tempat dan Waktu Penelitian	32
C. Variabel Penelitian	32
D. Alat dan Bahan Penelitian	33
E. LangkahLangkah Penelitian	38
F. Prosedur Penelitian	39
G. Teknik Pengumpulan Data.....	41
H. Teknik Analisa Data	41

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data.....	43
B. Analisis Data.....	45
C. Pembahasan	51

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan.....	57
--------------------	----

B. Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Reaksi Fisi	7
2. Hukum Bragg.....	9
3. Definisi sel satuan (unit sel).....	10
4. Sistem Kristal dan 14 Kisi Bravais	13
5. Proyeksi Stereografi.....	15
6. Suatu bidang terhadap koordinat <i>sample</i>	16
7. Standar Proyeksi Kubik untuk 001.....	17
8. Orientasi dan misorientasi kristal dalam suatu bahan.....	20
9. Dua sistem koordinat suatu bahan.....	20
10. Proyeksi <i>Inverse Pole Figure</i>	21
11. Aluminium	24
12. Prinsip <i>Friction Stir Welding</i>	26
13. Pola difraksi untuk daerah pusat las	29
14. Pola difraksi untuk daerah TMAZ	29
15. Pola difraksi untuk <i>heat affected zone</i> / HAZ	30
16. Pola difraksi untuk daerah logam induk	30
17. Pola difraksi untuk serbuk Aluminium dan pelet Aluminium	31
18. <i>Four Circle Diffractometer/Texture Diffractometer</i> DN2.....	34

19. <i>Flight Tube</i>	35
20. <i>Beam Narrower / Beam Slit</i>	35
21. Meja cuplikan.....	35
22. Lembaran <i>Aluminium Alloy</i>	37
23. Diagram Alir Langkah-Langkah Penelitian	38
24. Aluminium FSW (1) <i>Weld Zone</i> , (2) <i>Thermomechanically Affected Zone</i> (TMAZ), (3) <i>Heat Affected Zone</i> (HAZ), (4) <i>Base Metal</i> (BM)..	40
25. Sistem Mikrokontroler DT 51 dan Motor Driver.....	40
26. <i>Pole Figure</i> untuk daerah pusat las tanpa koreksi <i>defocusing</i>	44
27. <i>Pole Figure</i> untuk daerah pusat las dengan koreksi <i>defocussing</i>	44
28. <i>Pole Figure</i> untuk daerah logam induk tanpa koreksi <i>defocusing</i>	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tujuh Sistem Kristal.....	12
2. Sistem Penandaan atau Penamaan Paduan Aluminium.....	23
3. Hasil analisis tekstur untuk <i>pole figure</i> daerah pusat las (<i>weld zone</i>) tanpa koreksi <i>defocusing</i>	46
4. ($h_1k_1l_1$) dan ($h_2k_2l_2$) yang sejajar pada daerah pusat las (<i>weld zone</i>) tanpa koreksi <i>defocussing</i> dalam arah [uvw].....	47
5. Hasil proyeksi stereografi untuk daerah pusat las dengan koreksi <i>defocusing</i>	48
6. ($h_1k_1l_1$) dan ($h_2k_2l_2$) yang sejajar pada daerah pusat las dengan koreksi <i>defocusing</i> dalam arah [uvw].....	49
7. Hasil analisis tekstur untuk daerah logam induk (<i>base metal</i>)	50
8. ($h_1k_1l_1$) dan ($h_2k_2l_2$) yang sejajar pada daerah logam induk (<i>base metal</i>) dalam arah [uvw].....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data Tekstur	62
a. Data RAW daerah pusat las	62
b. Data RAW daerah logam induk	66
c. Data XPE daerah pusat las	71
d. Data XPE daerah logam induk	75
2. Perhitungan <i>Zone Laws</i>	80
3. Foto Penelitian	87

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi pada saat ini, logam adalah bahan yang sangat dibutuhkan dalam berbagai bidang. Aluminium adalah salah satu jenis logam yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaannya yang beragam disebabkan oleh sifatnya yang lunak dan mudah untuk dibentuk. Aluminium merupakan logam yang tahan korosi, ringan dan sifat mekaniknya dapat ditingkatkan dengan pengerjaan panas atau dingin.

Aluminium murni adalah logam yang lunak, tahan lama, ringan, dan dapat ditempa dalam berbagai bentuk serta variasi warna dari keperakan hingga abu-abu (Mohsin, 2006). Logam paduan aluminium banyak digunakan di dunia industri.

Aluminium termasuk jenis logam yang sukar disambung. Dengan menggunakan teknik pengelasan biasa, logam ini cenderung akan mengalami retak panas. Namun, untuk memperbaiki teknik pengelasan, telah ditemukan solusi untuk penyambungan aluminium yaitu dengan metode pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW). FSW merupakan proses pengelasan yang memanfaatkan gesekan dari benda kerja yang berputar dengan benda kerja lain yang diam sehingga mampu melelehkan benda kerja yang diam tersebut

dan akhirnya tersambung menjadi satu. Metode ini sering digunakan dalam proses penyambungan logam termasuk logam paduan aluminium.

Proses pengelasan dengan metode FSW ini akan berpengaruh terhadap arah orientasi kristalit dari material tersebut. Untuk melihat struktur kristal serta tekstur kristal yang dihasilkan dari pengelasan tersebut, dapat digunakan metode difraksi. Metode difraksi yang sering digunakan yaitu difraksi sinar-x. Namun, difraksi dengan menggunakan neutron akan lebih baik dibandingkan dengan menggunakan sinar-x. Difraksi sinar-x hanya dapat digunakan untuk meneliti atom dengan nomor atom yang besar, sedangkan neutron dapat meneliti atom dengan nomor atom yang kecil. Keuntungan menggunakan difraksi neutron karena neutron tidak bermuatan dan mempunyai daya tembus yang besar sehingga dapat digunakan cuplikan dengan ukuran besar (beberapa cm^3).

Pada penelitian Tri Hardi, dkk, mengenai “*Analysis of Crystal Orientation on Aluminum Alloy due to Friction Stir Welding by using Neutron Diffraction Method*”, bahan yang digunakan adalah paduan aluminium pasaran dilas dengan menggunakan metode FSW dengan kecepatan putar 1140 rpm dan kecepatan melintas 13 mm/menit. Pada penelitian ini diperoleh pola difraksi untuk empat daerah metalurgi las yaitu daerah *weld zone* (WZ) atau *stir zone* (SZ), *thermomechanical affected zone* (TMAZ), *heat affected zone* (HAZ), dan *base metal* (BM). Pada penelitian ini, digunakan tiga puncak

Bragg yang memiliki intensitas tertinggi yaitu pada puncak 111, 200, dan 220. Ketiga puncak ini memiliki *ratio* intensitas 1 : 0,7 : 0,8 pada daerah *weld zone* / *stir zone*. Nilai ini hampir sama dengan *ratio* intensitas serbuk aluminium yaitu 1 : 0,5 : 0,6. Namun intensitas pada pusat las aluminium ini lebih tinggi dari intensitas serbuk aluminium. Dengan adanya kemiripan ini, maka dapat diketahui bahwa pada daerah *weld zone* sedikit mengalami perubahan orientasi kristalit dibandingkan dengan serbuk. Hasil perhitungan yang menunjukkan bahwa pada daerah *weld zone* untuk *peak* (111) memiliki ukuran butir sebesar 2,7 μm , dan ini mengalami penurunan dibandingkan pada daerah TMAZ yang memiliki ukuran butir sebesar 4,4 μm . Namun belum dilakukan analisa terhadap tekstur paduan aluminium tersebut untuk membuktikan adanya perubahan orientasi kristal pada paduan aluminium tersebut.

Berdasarkan latar belakang di atas, penulis melakukan penelitian untuk menganalisis pengaruh pengelasan dengan metode FSW terhadap tekstur paduan aluminium tersebut dengan menggunakan difraktometer neutron tekstur (FCD/TD DN2) untuk membuktikan adanya perubahan orientasi kristalit yang terjadi pada paduan aluminium tersebut.

B. Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya pembahasan di luar materi, maka dilakukan pembatasan masalah dalam penelitian ini yang difokuskan pada

pengaruh pengelasan terhadap tekstur paduan aluminium untuk daerah pusat las dan logam induk. Untuk mengetahui orientasi kristalit dari kedua daerah tersebut, hasil eksperimen dianalisis menggunakan perangkat lunak *Material Analysis Using Diffraction* (MAUD) dan Proyeksi Stereografi.

Sampel yang digunakan merupakan sampel yang terdapat di bank cuplikan atau tempat penyimpanan sampel pada Bidang Spektrometri Neutron (BSN), PTBIN BATAN. Sampel ini telah dilas dengan menggunakan metode pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW).

C. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka dapat disusun rumusan permasalahan antara lain :

1. Bagaimana pengaruh pengelasan *friction stir welding* terhadap tekstur paduan aluminium, terutama pada daerah pusat las dan logam induk?
2. Bagaimana orientasi kristalit pada daerah pusat las dan logam induk pada aluminium tersebut?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui pengaruh pengelasan *friction stir welding* terhadap tekstur paduan aluminium, terutama pada daerah pusat las dan logam induk.
2. Mengetahui orientasi kristalit pada daerah pusat las dan logam induk pada aluminium tersebut.

E. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada:

1. Bidang keilmuan fisika material dan biofisika, untuk menambah khasanah ilmu pengetahuan, serta dalam memanfaatkan fasilitas *Texture Diffractometer* (FCD / TD , DN2) yang ada di Indonesia untuk penelitian dasar dan terapan.
2. Terhadap pembaca sekaligus terhadap penulis, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam hal pemanfaatan, pengolahan dan pengembangan.
3. Penulis, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Pengaruh pengelasan FSW terhadap paduan aluminium terlihat dari adanya deformasi dan rekristalisasi yang terjadi di daerah pusat las yang ditandai dengan beberapa *pole* yang muncul pada *pole figure* untuk daerah tersebut. Terjadi reorientasi kristalit pada paduan aluminium yang dilas dengan metode FSW.
2. Pada daerah pusat las memiliki orientasi kristalit yang mengarah pada $\langle 001 \rangle$ dan $\langle 110 \rangle$, sedangkan pada daerah logam induk memiliki orientasi kristalit yang mengarah pada $\langle 110 \rangle$. Telah terjadi perubahan orientasi kristalit pada daerah pusat las.

B. SARAN

Dalam penelitian ini belum dapat membuktikan nilai ukuran butir daerah pusat las dengan logam induknya. Untuk mengetahui hal ini, peneliti selanjutnya dapat melakukan pengujian dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*). Selain itu, belum dilakukan uji kekerasan serta uji kuat tarik untuk melihat seberapa besar pengaruh perubahan yang terjadi akibat pengelasan terhadap bahan aluminium yang digunakan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Alexander. 2012. *Apa yang dimaksud dengan reaksi fisi?*.
<http://ilmunuklir.wordpress.com/2012/02/23/apa-yang-dimaksud-dengan-reaksi-fisi/>. Diakses pada tanggal 24 Juli 2012.
- Ashcroft, Neil W and N. David Mermin. 1988. *Solid State Physics*. Washington :
 Sauders college.
- Beiser, Arthur. 1999. *Fisika Modern*, Jakarta:Erlangga.
- Borchardt-Ott, Walter. 2011. *Crystallography An Introduction*. Springer Heilderberg
 Dordrecht, Third Edition, London.
- Chao, Yuh J., X.Qi., dkk. 2003. *Heat Transfer in Friction Stir Welding –
 Experimental and Numerical Studies. Journal of Manufacturing Science and
 Engineering*, ASME, Volume 125, Februari 2003.
- Chateigner, Daniel. 2007. *Combined Analysis: Structure-Texture-Microstructure-
 Phase-Stresses-Reflectivity Determination by X-ray and Neutron Scattering*.
 Caen,France: CRISMAT-ENSICAEN, UMR CNRS.
- Hoon Kang, Suk., Ho Bang, Woong., Hyung Cho, Jhae, dkk. 2005. *Microtexture
 Analysis of Friction Stir Welded Al 6061-T651 Plates*.
- Johari, O., Thomas, G. 1969. *The Stereographic Projection and Its Applications*,
 Interscience Publisher, London.