

**ANALISA PENGARUH PERLAKUAN PANAS HASIL
PENGELASAN DENGAN METODE *FRICTION STIR
WELDING* (FSW) PADA AA-7075 TERHADAP SIFAT FISIS
DAN MEKANIS**



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

Oleh:

Alwan Juliarto

D 200 140 036

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA PENGARUH PERLAKUAN PANAS HASIL PENGELASAN
DENGAN METODE *FRICTION STIR WELDING* (FSW) PADA AA-7075
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS**

PUBLIKASI ILMIAH

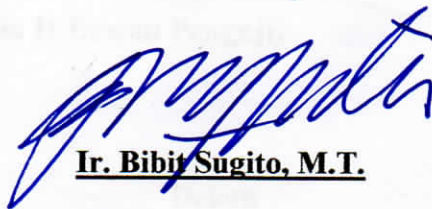
Oleh:

ALWAN JULIARTO

D 200 140 036

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing



Ir. Bibit Sugito, M.T.

NIDN.0616106001

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH PERLAKUAN PANAS HASIL PENGELASAN
DENGAN METODE *FRICTION STIR WELDING* (FSW) PADA AA-7075
TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS
OLEH**

ALWAN JULIARTO

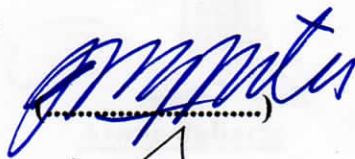
D 200 140 036

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jum'at, 11 Januari 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Ir. Bibit Sugito, M.T.

(Ketua Dewan Penguji)



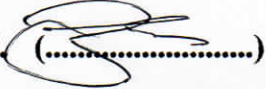
2. Ir. Sunardi Wiyono, M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)



3. Bambang Waluyo F., S.T., M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan



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

NIK.682

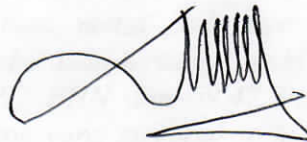
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 4 Januari 2019

Penulis



Alwan Juliarto

D 200 140 036

ANALISA PENGARUH PERLAKUAN PANAS HASIL PENGELASAN DENGAN METODE *FRICITION STIR WELDING* (FSW) PADA AA-7075 TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS

Abstrak

Friction Stir Welding (FSW) adalah proses pengelasan memanfaatkan panas akibat putaran dari tool yang bergesekan dengan logam induk di bawah tekanan aksial yang besar pada daerah pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat fisis dan mekanis pada pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) yang dilanjutkan perlakuan panas *annealing* dan *normalizing*. Proses FSW menggunakan mesin *milling*. Material yang digunakan AA-7075 dengan ukuran 150×50×30 mm, putaran *tools* 1500 rpm, sudut kemiringan tool 3° dan *feed rate* 60 mm/menit dengan jenis sambungan las *butt joint*. Perlakuan *annealing* dan *normalizing* dilakukan pada suhu 415°C selama 2 jam penahanan panas dalam tungku. Pengujian spesimen meliputi, uji tarik, uji kekerasan, dan foto struktur mikro. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi pada raw material dengan nilai tegangan dan regangan rata-rata sebesar 218,2 Mpa dan 12,6%, Nilai kekerasan tertinggi daerah *base metal* pada raw material sebesar 80,90 BHN, daerah HAZ dan las nilai kekerasan tertinggi pada material yang mengalami *normalizing* yaitu sebesar 57,97 BHN dan 69,47 BHN. Dari pengamatan struktur mikro terdapat daerah terang yang merupakan fasa Al dan daerah gelap yang merupakan fasa MgZn₂.

Kata kunci: FSW, AA-7075, perlakuan panas, annealing, normalizing

Abstract

Friction Stir Welding (FSW) is a welding process utilizing heat due to rotation of the tool that rubs against the parent metal under large axial pressure in the welding area. This study aims to know changes in physical and mechanical properties of Friction Stir Welding (FSW) followed by heat treatment of annealing and normalizing. The FSW process uses a milling machine. The material used is AA-7075 with a size of 150×50×30 mm, tool rotation 1500 rpm, tool tilt angle 3° and feed rate 60 mm / minute with the type of butt joint welding joint. Annealing and normalizing treatments were carried out at 415°C for 2 hours of heat retention in the furnace. Specimen testing includes, tensile test, hardness test, and microstructure photo. From the results of the study it was found that the highest tensile strength in raw material with an average stress and strain value of 218.2 Mpa and 12.6%, the highest hardness value of base metal in raw material was 80.90 BHN, HAZ area and weld the highest hardness value in material experiencing normalizing is equal to 57.97 BHN and 69.47 BHN. From the observation of the micro structure there is a bright area which is the Al phase and the dark region which is the MgZn₂ phase.

Keywords: FSW, AA-7075, heat treatment, annealing, normalizing

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan teknologi pengerjaan logam menuntut adanya peningkatan dari segi desain dan rancangan struktur yang ringan dan kuat. Struktur seperti ini banyak dibutuhkan pada industri otomotif, kedirgantaraan dan perkapalan. Pengelasan berdasarkan definisi *Deutsche Industri Normen* (DIN) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. Proses pengelasan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu: *Liquid State Welding* (LSW) dan *Solid State Welding* (SSW). LSW adalah proses pengelasan logam dengan cara mencairkan logam tersebut terlebih dahulu, sedangkan SSW merupakan proses pengelasan logam yang dilakukan pada kondisi padat atau logam tidak mencapai titik leburnya pada saat tersambung.

Salah satu metode SSW adalah *Friction Stir Welding* (FSW), yaitu proses pengelasan dengan memanfaatkan panas yang timbul akibat putaran dari tool yang bergesekan dengan logam induk di bawah tekanan aksial yang besar pada daerah pengelasan. *Friction Stir Welding* (FSW) adalah suatu proses pengelasan baru yang ditemukan di TWI (*The Welding Institute*) pada tahun 1991.

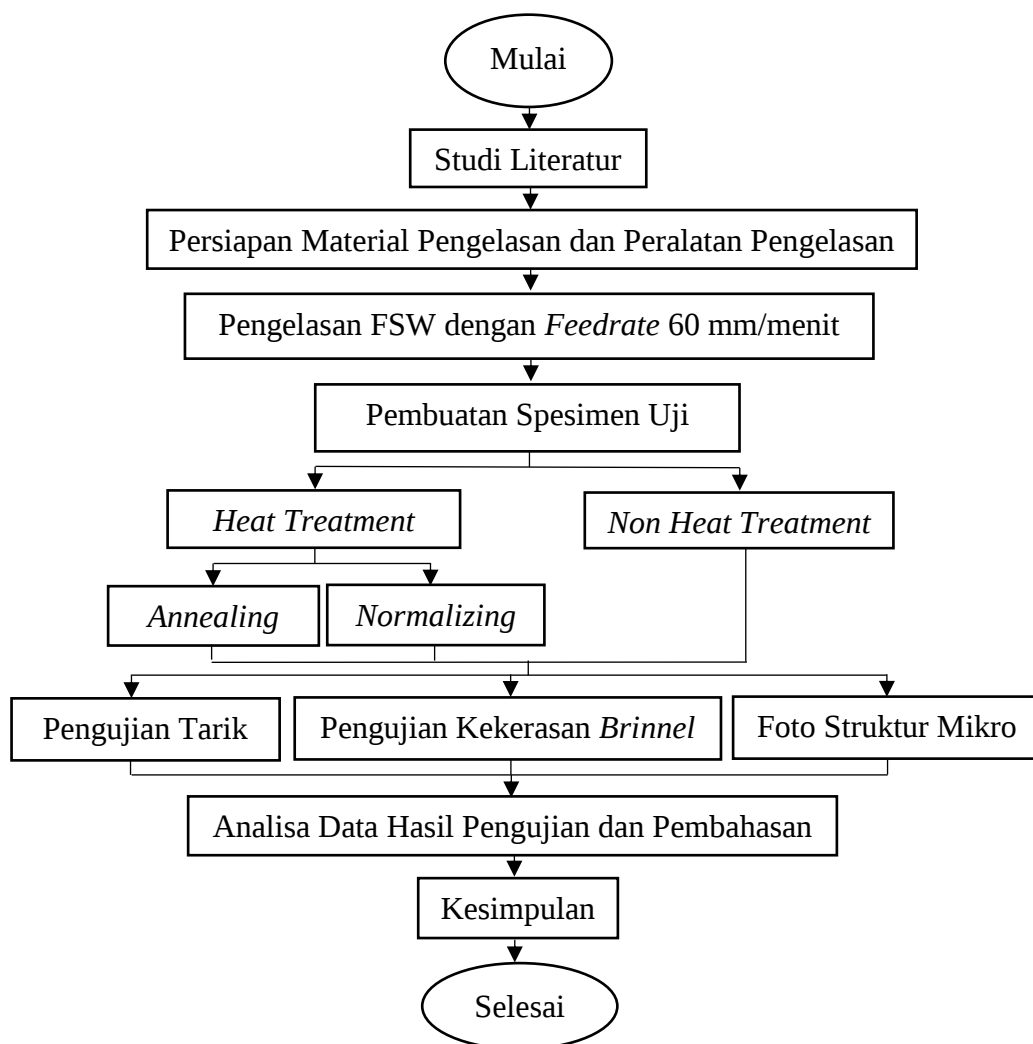
Pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) harus memperhatikan beberapa parameter, seperti : putaran tool (*rotational speed*), kecepatan pengelasan (*welding speed*), kedalaman penetrasi tool (*tool deep plunge*), sudut kemiringan tool terhadap benda kerja, dan bentuk / profil dari pin. Pemilihan parameter FSW yang tepat, maka didapatkan kekuatan sambungan akan meningkat dan cacat pengelasan dapat diminimalkan.

Pengelasan FSW sering diaplikasikan pada logam aluminium atau pada *dissimilar* logam. Kelemahan saat proses pengelasan FSW terjadi pada sambungan lasan yang mengalami pelunakan dan penurunan tegangan tarik akibat proses rekristalisasi di *nugget zone* selama proses pengelasan berlangsung. Perbaikan sifat fisis dan mekanis dapat diperbaiki melalui perlakuan panas (*heat treatment*) sehingga penurunan tegangan tarik dan pelunakan yang terjadi pada sambungan las bisa di kurangi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas (*heat treatment*) terhadap hasil pengelasan FSW terhadap kekuatan tarik, kekuatan kekerasan, dan struktur mikro hasil FSW. Dari penelitian ini, penulis berharap akan mendapat sebuah kesimpulan mengenai sifat fisis dan mekanis pada pengelasan FSW material AA 7075 yang di *annealing* dan *normalizing*.

2. METODE

Kegiatan penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram alir berikut ini:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.1 Alat dan Bahan Penelitian

2.1.1 Bahan yang digunakan antara lain:



Gambar 2. Pelat Aluminium seri 7075

2.1.2 Alat yang digunakan antara lain:



Gambar 3. Mesin Milling
Universal



Gambar 4. *Furnance*



Gambar 5. Alat Uji Tarik



Gambar 6. Alat Uji
Kekerasan



Gambar 7. *Probe*



Gambar 8. Alat Uji Struktur
Mikro

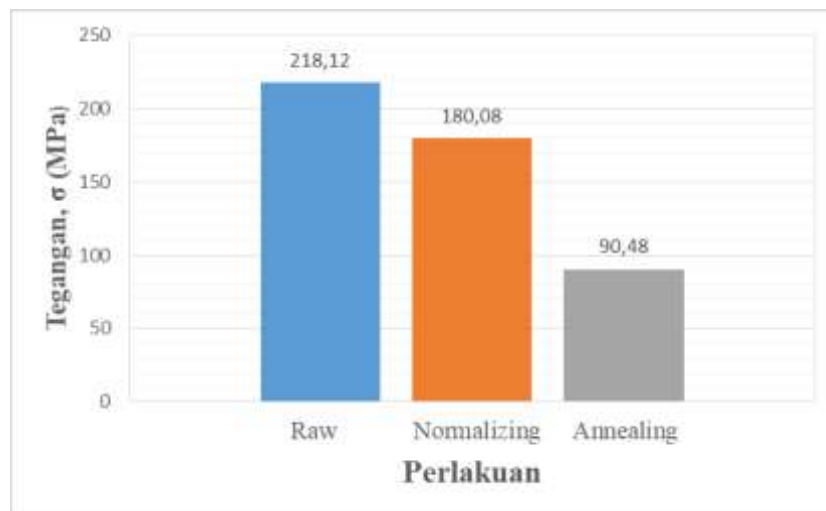
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengujian Tarik dan Pembahasannya

Tabel 1. Tegangan Hasil Uji Tarik

No.	Perlakuan	A ₀ (mm ²)	P maks	Tegangan, σ (MPa)	Rata- rata, σ (MPa)	Patahan
1	Raw	41,7	10,1	242,21	218,12	Las
2		43,16	6,87	159,19		Las
3		43,53	11,01	252,95		Las
4	Normalizing	40,9	7,16	175,05	180,08	Las
5		40,55	7,42	182,98		Las
6		43,57	7,94	182,22		Las
7	Annealing	43,12	4,45	103,2	90,48	Las
8		44,96	3,28	72,95		Las
9		57,72	5,5	95,28		Las

a. Tegangan

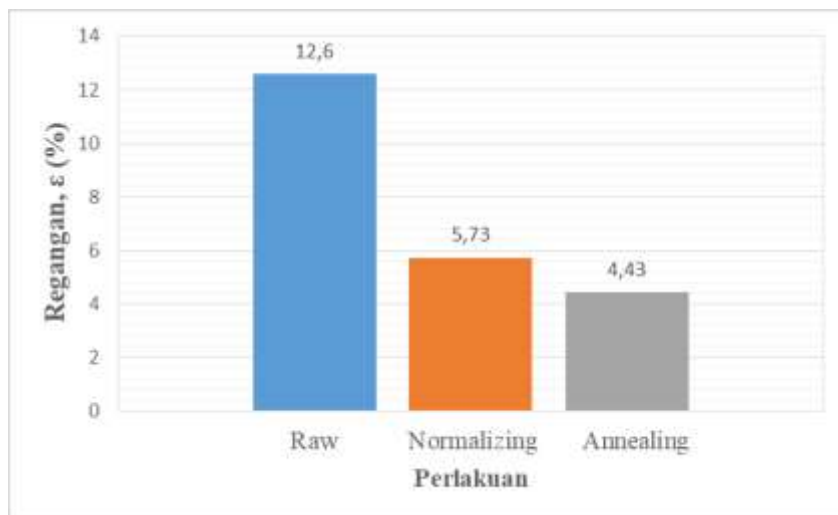


Gambar 9. Histogram Perbandingan Hasil Nilai Tegangan Tarik

Tabel 2. Regangan Hasil Uji Tarik

No	Perlakuan	ΔL (mm)	Regangan, ϵ (%)	Rata-rata, ϵ (%)
1	Raw	6,49	12,98	12,6
2		7,17	14,34	
3		5,24	10,48	
4	Normalizing	3,15	6,3	5,73
5		2,7	5,4	
6		2,74	5,48	
7	Annealing	2,21	4,42	4,43
8		1,82	3,64	
9		2,62	5,24	

b. Regangan



Gambar 10. Histogram Perbandingan Hasil Nilai Regangan Tarik

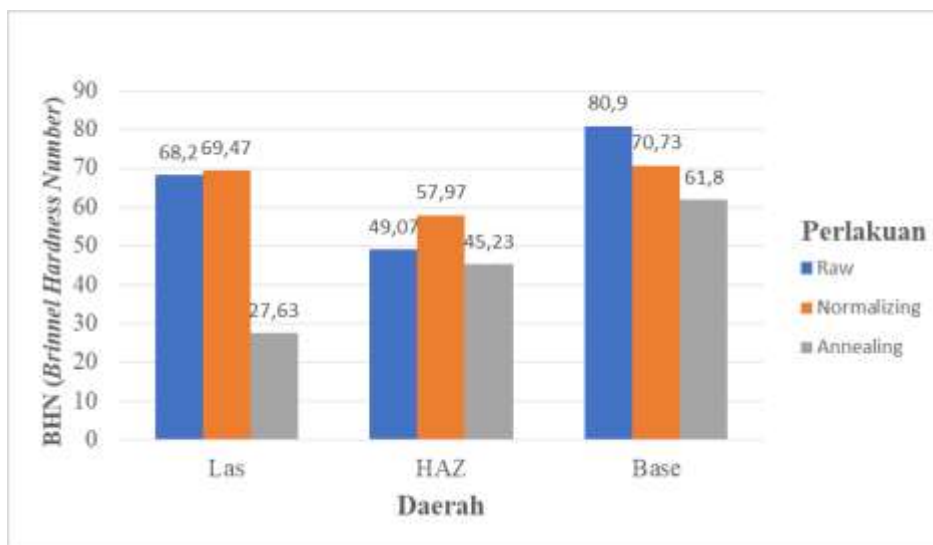
Dari Histogram tegangan tarik menunjukkan bahwa nilai tegangan tarik rata-rata tertinggi pada *raw* material yaitu sebesar 218,12 MPa. Untuk spesimen yang di *annealing* menunjukkan nilai tegangan tarik rata-rata paling rendah yaitu sebesar 90,48 MPa. Nilai tegangan tarik spesimen yang mendapatkan perlakuan panas *annealing* lebih rendah dibandingkan dengan spesimen yang mendapatkan perlakuan panas *normalizing* dikarenakan kemungkinan terjadinya cacat pada daerah las.

Dari Histogram regangan tarik menunjukkan bahwa nilai regangan tarik rata-rata tertinggi pada *raw material* yaitu sebesar 12,6 %. Untuk spesimen *annealing* menunjukkan nilai regangan tarik rata-rata paling rendah yaitu sebesar 4,43 %.

3.2 Data Hasil Uji Kekerasan dan Pembahasannya

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Nilai Kekerasan

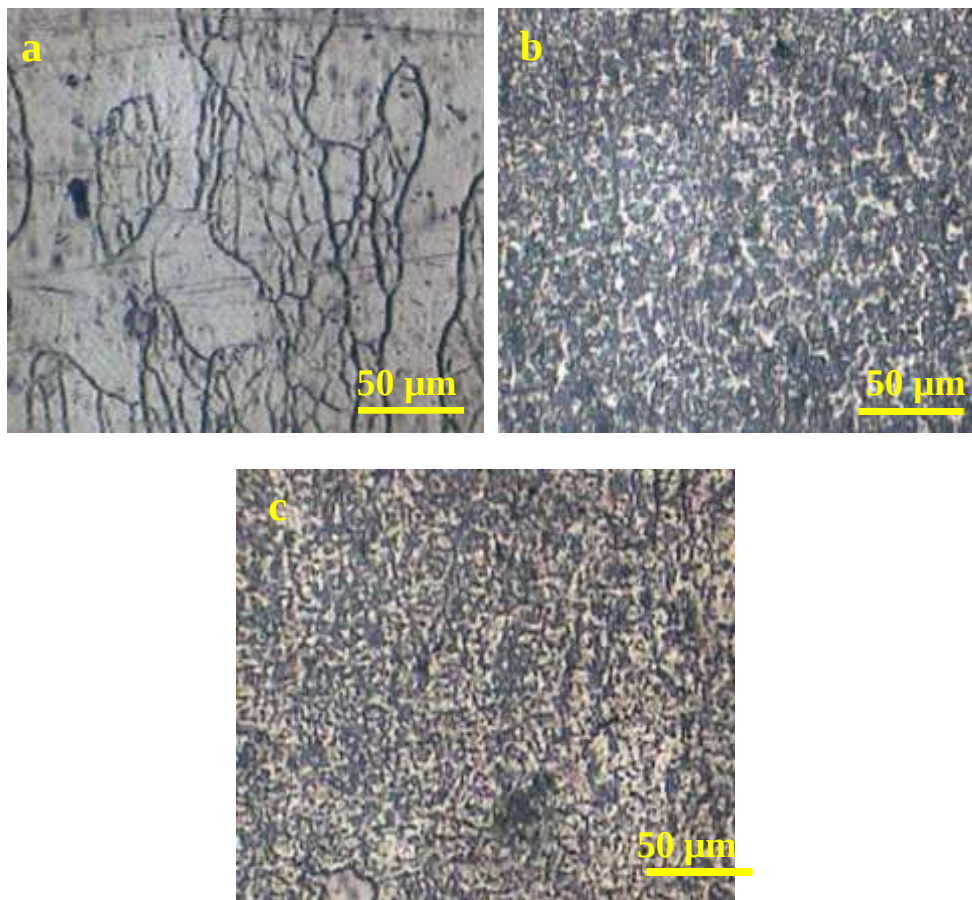
No	Perlakuan	Daerah	Diameter (mm)	Kekerasan (BHN)	Kekerasan Rata-Rata
1	Raw	Las	0,55	64,4	68,2
2			0,54	68,2	
3			0,52	72	
4		Haz	0,64	47,8	49,07
5			0,64	47,8	
6			0,62	51,6	
7		Base	0,48	87,3	80,9
8			0,5	79,6	
9			0,51	75,8	
1	Normalizing	Las	0,54	68,2	69,47
2			0,54	68,2	
3			0,52	72	
4		Haz	0,59	56,7	57,97
5			0,59	56,7	
6			0,57	60,5	
7		Base	0,54	68,2	70,73
8			0,52	72	
9			0,52	72	
1	Annealing	Las	0,84	27,4	27,63
2			0,84	27,4	
3			0,83	28,1	
4		Haz	0,73	36,3	45,23
5			0,62	51,6	
6			0,64	47,8	
7		Base	0,55	64,4	61,8
8			0,57	60,5	
9			0,57	60,5	



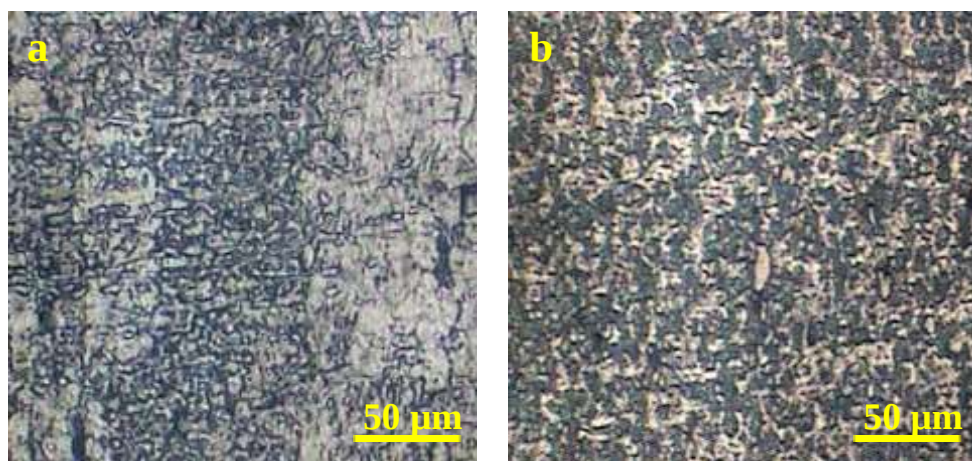
Gambar 11. Histogram Perbandingan Hasil Nilai Kekerasan

Dari histogram diatas menunjukkan bahwa nilai kekerasan rata-rata tertinggi pada bagian las adalah *normalizing* yaitu sebesar 69,47 BHN. Sedangkan nilai kekerasan rata-rata terendah adalah *annealing* yaitu sebesar 27,63 BHN. Kemudian untuk bagian HAZ sendiri nilai kekerasan rata-rata tertinggi adalah *normalizing* yaitu sebesar 57,97 BHN dan untuk nilai kekerasan rata-rata terendah adalah *annealing* sebesar 45,23 BHN. Lalu untuk bagian *base* nilai kekerasan rata-rata paling tinggi adalah *raw material* yaitu sebesar 80,90 BHN. Untuk nilai kekerasan rata-rata terendah adalah *annealing* yaitu sebesar 61,8 BHN. Nilai kekerasan *normalizing* lebih keras dari pada nilai kekerasan *annealing* karena proses pendinginan pada proses *normalizing* cepat, sedangkan spesimen yang di *annealing* nilai kekerasannya kecil karena proses pendinginannya agak lama karena harus menunggu suhu dalam *furnace* sama dengan suhu ruangan.

3.3 Hasil Foto Struktur Mikro dan Pembahasannya

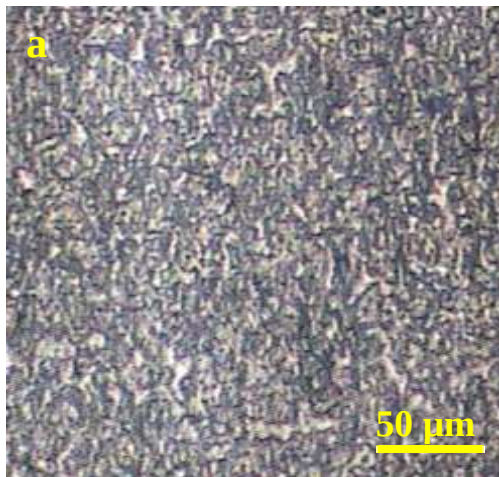


Gambar 12. Struktur Mikro daerah *Base Metal* (a.) *Raw material* (b.) *Normalizing* (c.) *Annealing*





Gambar 13. Struktur Mikro daerah HAZ (a.) *Raw material* (b.) *Normalizing* (c.) *Annealing*



Gambar 14. Struktur Mikro daerah Las (a.) *Raw material* (b.) *Normalizing* (c.) *Annealing*

Dari gambar 12 sampai 14 dapat dilihat struktur mikro dari hasil pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) yang tidak mengalami perlakuan panas (*heat treatment*) dan mengalami perlakuan panas (*heat treatment*) berupa *annealing* dan *normalizing* pada daerah base metal, HAZ dan daerah pengelasan yang ditampilkan dalam dua fasa yaitu aluminium *solid solution* yang ditunjukkan warna putih dan fasa $MgZn_2$ yang ditunjukkan dengan warna hitam. Kandungan Mg dan Zn sangat mempengaruhi sifat mekanik dari aluminium jika kedua kandungan tersebut berada pada temperatur yang tepat, campuran ini akan membentuk $MgZn_2$ terlihat pada gambar terdapat perbedaan struktur mikro pada daerah las, HAZ dan logam induk.

Struktur mikro base metal yang memiliki butiran paling kecil dan halus adalah pada *raw material*. Sedangkan yang memiliki butiran besar dan kasar adalah pada hasil pengelasan yang mendapatkan perlakuan panas (*heat treatment*) *annealing*, karena proses pendinginan yang lama, sehingga struktur mempunyai kesempatan untuk berubah. Dan yang memiliki struktur butiran sedang dan kasar adalah hasil pengelasan yang mendapat perlakuan *normalizing*, karena pendinginan yang lebih cepat sehingga struktur tidak cukup waktu untuk berubah.

Pada struktur mikro daerah HAZ dari hasil pengelasan yang mengalami *normalizing* terlihat ukuran butiran yang kecil namun terlihat kasar dan jumlah $MgZn_2$ tersebar merata sehingga daerah ini mengalami kenaikan nilai kekerasan dibanding hasil pengelasan yang mengalami perlakuan panas *annealing*.

Pada daerah *weld nugget* terjadi *grain refinement* maksudnya adalah daerah yang mengalami deformasi plastis dan pemanasan selama proses *Friction Stir Welding* (FSW) sehingga menghasilkan butiran halus di daerah pengadukan. Untuk daerah las (*weld nugget*) yang mengalami pemanasan langsung saat proses pengelasan. Untuk struktur mikro daerah *weld nugget* dari gambar bisa kita lihat bahwa ketiga spesimen menunjukkan butir yang halus dan sama rata, baik yang mengalami perlakuan panas (*normalizing* dan *annealing*) maupun tanpa perlakuan panas, itu terjadi karena rekristalisasi dinamis selama FSW.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, bisa diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi pada *raw material* sebesar 218,12 MPa, untuk nilai kekuatan tarik spesimen yang di *normalizing* sebesar 180,08 MPa, dan untuk nilai kekuatan tarik terendah pada spesimen yang di *annealing* sebesar 90,48 MPa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *heat treatment* mempengaruhi sifat fisis dan sifat mekanik dari hasil pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) pada AA-7075, dimana nilai kekuatan tarik dari spesimen yang diberikan perlakuan panas (*heat treatment*) berupa *annealing* dan *normalizing* mengalami penurunan di dibandingkan dengan spesimen yang tidak mengalami perlakuan panas (*raw material*). Hal ini disebabkan karena struktur mikro dari spesimen yang di *annealing* dan *normalizing* memiliki butiran yang lebih besar. Sedangkan *raw material* mempunyai butiran yang kecil dan halus.
- b. Nilai kekerasan rata-rata material tertinggi pada bagian base metal sebesar 80,90 BHN pada *raw material*, pada bagian HAZ dan Las nilai kekerasan rata-rata material tertinggi sebesar 57,97 BHN dan sebesar 69,47 BHN pada spesimen yang di *normalizing*. Tingginya nilai kekerasan daerah Las dan HAZ pada *normalizing*, karena proses pendinginan pada proses *normalizing* cepat, sedangkan spesimen yang di *annealing* nilai kekerasannya kecil karena proses pendinginannya agak lama karena harus menunggu suhu dalam *furnace* sama dengan suhu ruangan.
- c. Hasil pengamatan dari struktur mikro pada spesimen yang tidak mengalami perlakuan panas (*raw material*), *normalizing*, *annealing* terdapat daerah terang yang merupakan fasa Al dan daerah gelap yang merupakan fasa MgZn₂. Pada spesimen yang di *normalizing* dan *annealing* fasa MgZn₂ terkonsentrasi pada satu posisi dengan butiran yang besar dan meninggalkan fasa Al. Sedangkan pada spesimen tanpa perlakuan panas fasa MgZn₂ lebih

merata dengan butiran yang lebih kecil dan merata pada semua bagian. Perubahan posisi fasa Al dan MgZn₂ serta perubahan ukuran butir dikarenakan proses perlakuan panas. *Annealing* dan *normalizing* secara signifikan mempengaruhi ukuran butir pada *base metal*, HAZ dan *weld nugget*.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal antara lain :

- a. Melakukan penelitian tentang penelitian sejenis dengan penambahan variasi perlakuan panas (*heat treatment*) lain.
- b. Melakukan penelitian tentang penelitian sejenis dengan penambahan pengujian dengan mikro struktur SEM agar struktur endapan dalam aluminium dapat terlihat jelas.
- c. Penelitian ini masih dapat dilanjutkan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook, 1990, *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*, Volume 2, ASM International
- ASM Handbook, 1991, *Heat Treating*, Volume 4, ASM International
- ASM Handbook, 2004, *Welding, Brazing and Soldering*, Volume 6, ASM International
- ASM Handbook, 2004, *Metallography and Microstructures*, Volume 9, ASM Internasional
- Duniawan, A. 2016. *Pengaruh Post Weld Heat Treatment pada Pengelasan Friction Stir Welding (FSW) Aluminium 2024*. Teknik Mesin IST AKPRIND Yogyakarta.
- Hussein, Sadiq Aziz, Tahir, Abd Salam Md, Bakar, Md Hadzley B.A., 2015, *Characteristics of Aluminum-to-Steel Joint Made by Friction Stir Welding*, University Teknikal Malaysia Melaka (UTeM) : Malaysia.
- Mandal. 2005. *Aluminum Welding*. 2nd ed. Narosa Publishing House. New Delhi.
- Nandan, R, T. DebRoy, H.K.D.H. Bhadeshia. 2008. *Recent Advances In Friction Stir Welding - Process, Weldment Structure and Properties*. Science Direct.

- Prassana, P.,Penchallaya, CH., Anandamohana Rao, D. 2013. *Effect Tool Pin Profiles and Heat Treatment Process in The Friction Stir Welding of AA 6061 Aluminium Alloy*. American Journal of Engineering Research.
- Rahayu, Deden., 2012, *Analisis Proses Friction Stir Welding (FSW) pada Plat Tipis Aluminium*, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin, Universitas Indonesia, Depok.
- Rajakumar, S., dan Balasubramanian, V. 2012. *Correlation Between Weld Nugget Grain Size, Weld Nugget Hardness and Tensile Strength of Friction Stir Welded Commercial Grade Aluminium Alloy Joints*.
- Setiawan, A., 2018, *Analisa Pengaruh Putaran Spindel 800 Rpm dan 1250 Rpm pada Sambungan Fe-Al dengan Menggunakan Metode FSW (Friction Stir Welding)*, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Sugito, B., Anggono, A. D., Prasetyana, D., 2016, *Pengaruh Kedalaman Pin (Depth Plunge) Terhadap Kekuatan Sambungan Las pada Pengelasan Gesek AL 5083*.
- Supriyanto, A., 2016, *Pengaruh Solution Treatment dan Recrystallization Annealing terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Plat AA 7075 Sebelum Cold Rolling*, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Surdia, Tata dan Saito, Shinroku. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT.Pradya Paramita.
- Tim Pengajar Bahan Teknik. 2011. *Materi Pembelajaran Mata Kuliah Bahan Teknik I*. Yogyakarta : Sekolah Vokasi.
- Waratama, Kartiko E., 2018, *Studi Pengelasan Friction Stir Welding Pada AA 7075 dengan Fe Menggunakan Variasi Feedrate 30 mm/menit, 40 mm/menit, dan 50 mm/menit*, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Wiryosumarto, Harsono dan Okumura,Toshie. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : PT Pradya Paramita.