

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI	xvi
ABSTRACT	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
1.6. Objek Lokasi Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1. <i>Micromanufacturing</i>	11
3.1.1. <i>Microjoining.</i>	12
3.1.1.1 <i>Solid-state Bonding</i>	13
3.1.1.2 <i>Diffusion Bonding</i>	13
3.1.1.3 <i>Ultrasonic Wire Bonding</i>	14
3.1.1.4 <i>Explosive Bonding</i>	15
3.1.1.5 <i>Friction Welding</i>	15
3.1.2. Aliran Material dan Panas pada FSW	18
3.1.3. Kekerasan Mikro FSW	19

3.1.4.	Struktur Mikro FSW	20
3.1.5.	<i>Tool</i>	23
3.1.6.	Parameter FSW	24
3.1.7.	Keuntungan dan Kerugian dari Metode FSW	25
3.1.8.	Uji Tarik	26
3.1.9.	Material Aluminium dan Paduannya	29
BAB IV METODE PENELITIAN		35
4.1.	Bahan	35
4.2.	Peralatan	36
4.3.	Diagram Alir Penelitian	37
4.4.	Persiapan Peralatan dan Bahan	39
4.5.	<i>Assembly Die Grinder</i> pada CNC TU-3A	42
4.6.	<i>Input Program CNC EMCO TU-3A</i>	42
4.7.	Pengelasan μ FSW	42
4.8.	Pemeriksaan <i>Non Destructive Testing</i> (NDT) Secara Visual dan dengan <i>Liquid Penetrant</i>	42
4.9.	Pembuatan Spesimen Uji Tarik	44
4.10.	Pengujian Tarik	45
4.11.	Pembuatan Spesimen Pengamatan Struktur Mikro dan Uji Kekerasan	46
4.12.	Pengamatan Struktur Mikro	47
4.13.	Pengujian Kekerasan	48
4.14.	Analisis Data Uji Tarik, Pengamatan Struktur Mikro serta Uji Kekerasan	50
4.15.	Pembahasan	51
4.16.	Kesimpulan	51
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		52
5.1.	Uji Kekerasan	54
5.2.	Pengamatan Struktur Makro dan Mikro	60
5.2.1	Struktur Makro dan Mikro Logam Induk	61

5.2.2	Struktur Makro dan Mikro Sambungan μ FSW	63
5.3.	Uji Tarik	81
BAB VI	PENUTUP	84
6.1.	Kesimpulan	84
6.2.	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA		86
LAMPIRAN		89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Plat melengkung keluar (Sattari dkk, 2012)	3
Gambar 3.1.	Pembagian proses <i>micromanufacturing</i> (V.K. Jain, 2013)	11
Gambar 3.2.	Pembagian proses <i>microjoining</i> (V.K. Jain dkk, 2014)	13
Gambar 3.3.	Proses FSW (V.K. Jain, 2013)	16
Gambar 3.4.	Langkah <i>plugging</i> dan <i>dwell</i> (Thomas dkk, 1991)	16
Gambar 3.5.	Langkah <i>transversing</i> (Thomas dkk, 1991)	17
Gambar 3.6.	Langkah <i>termination</i> (Thomas dkk, 1991)	17
Gambar 3.7.	Distribusi kekerasan dari <i>weld center</i> untuk D/d ratio 3 (Saravanan dkk, 2016)	20
Gambar 3.8.	Struktur mikro Aluminium AA1100 (ASM V9 Metallography And Microstructure, 1992)	20
Gambar 3.9.	Struktur mikro daerah <i>stir zone</i> dengan variasi putaran tool: 780 rpm, (b) 980 rpm, (c) 1120 rpm, pembesaran 400× (Angger dkk, 2012)	21
Gambar 3.10.	Struktur mikro daerah transisi antara TMAZ dan HAZ dengan variasi putaran tool: 780 rpm, (b) 980 rpm, (c) 1120 rpm, pembesaran 100× (Angger dkk, 2012)	21
Gambar 3.11.	Struktur mikro daerah HAZ dengan variasi putaran tool: 780 rpm, (b) 980 rpm, (c) 1120 rpm, pembesaran 400× (Angger dkk, 2012)	22
Gambar 3.12.	<i>Heat Zone</i> pada FSW (FSW- <i>Technical-Handbook</i> , ESAB AB)	22
Gambar 3.13.	Desain <i>Tool</i> FSW (Elangovan dkk, 2007)	24
Gambar 3.14.	Gambaran Singkat Uji Tarik (<i>Material Science and Engineering</i> , Callister, Jr.W. D., 2007)	26
Gambar 3.15.	Kurva Tegangan-Regangan (<i>Material Science and Engineering</i> , Callister, Jr.W.D., 2007)	27
Gambar 3.16.	Profil Data Hasil Uji Tarik (<i>Material Science and Engineering</i> , Callister, Jr.W.D., 2007)	27
Gambar 4.1.	<i>Liquid Penetrant</i>	35

Gambar 4.2.	Metodologi Penelitian	37
Gambar 4.3.	Mesin Milling CNC EMCO TU-3A	39
Gambar 4.4.	<i>Die Grinder</i> dan Mikroskop Digital	39
Gambar 4.5.	<i>Tool</i> μ FSW	41
Gambar 4.6.	Benda Kerja	41
Gambar 4.7.	Aplikasi <i>Penetrant</i> Pada Permukaan Sambungan (https://www.asnt.org/MinorSiteSections/AboutASNT/Intro-to-NDT)	43
Gambar 4.8.	<i>Cleaning</i> Pada Permukaan Sambungan (https://www.asnt.org/MinorSiteSections/AboutASNT/Intro-to-NDT)	43
Gambar 4.9.	Penggunaan Developer Pada Permukaan Sambungan (https://www.asnt.org/MinorSiteSections/AboutASNT/Intro-to-NDT)	44
Gambar 4.10.	Interpretasi Hasil Pada Permukaan Sambungan (https://www.asnt.org/MinorSiteSections/AboutASNT/Intro-to-NDT)	44
Gambar 4.11.	Spesimen Uji Tarik FSW (ASTM E8)	44
Gambar 4.12.	INSTRON 3367	45
Gambar 4.13.	Penentuan Titik Luluh dari Grafik Tegangan-Regangan (<i>Material Science and Engineering</i> , Callister, Jr.W. D., 2007)	46
Gambar 4.14.	Mikroskop Optik	47
Gambar 4.15.	Mesin Buehler <i>Hardness Tester</i>	48
Gambar 4.16.	Skema Pembebanan Vickers (<i>Material Science and Engineering</i> , Callister, Jr.W. D., 2007)	49
Gambar 4.17.	Posisi Pijakan Indentor Pada Spesimen Uji	50
Gambar 5.1.	Spesimen Dicetak Menggunakan Resin	54
Gambar 5.2.	Nilai Kekerasan Pada Aluminium AA1100	54
Gambar 5.3.	Distribusi Nilai Kekerasan Pada Putaran 7500 rpm Dan Laju Pemakanan 40 mm/min	55
Gambar 5.4.	Distribusi Nilai Kekerasan Pada Putaran 7500 rpm Dan Laju	

	Pemakanan 60 mm/min	55
Gambar 5.5.	Distribusi Nilai Kekerasan Pada Putaran 7500 rpm Dan Laju Pemakanan 80 mm/min	56
Gambar 5.6.	Distribusi Nilai Kekerasan Pada Putaran 10000 rpm Dan Laju Pemakanan 40 mm/min	56
Gambar 5.7.	Distribusi Nilai Kekerasan Pada Putaran 10000 rpm Dan Laju Pemakanan 60 mm/min	57
Gambar 5.8.	Distribusi Nilai Kekerasan Pada Putaran 10000 rpm Dan Laju Pemakanan 80 mm/min	57
Gambar 5.9.	Distribusi Nilai Kekerasan Pada Putaran 12500 rpm Dan Laju Pemakanan 40 mm/min	58
Gambar 5.10.	Distribusi Nilai Kekerasan Pada Putaran 12500 rpm Dan Laju Pemakanan 60 mm/min	58
Gambar 5.11.	Distribusi Nilai Kekerasan Pada Putaran 12500 rpm Dan Laju Pemakanan 80 mm/min	59
Gambar 5.12.	Nilai Kekerasan Rata-Rata Daerah Sambungan μ FSW	59
Gambar 5.13.	Cacat Akibat Panas Yang Tidak Mencukupi Dalam Proses FSW	60
Gambar 5.14.	Struktur Makro Dan Mikro AA1100 (a. <i>raw material</i>) (b. ASM V9 <i>Metallography And Microstructures</i> 1992) Perbesaran 500 \times	61
Gambar 5.15.	Struktur Makro Dan Mikro Pada Sambungan μ FSW Dengan Putaran <i>Tool</i> 7500 rpm Dan Laju Pemakanan 40 mm/min	63
Gambar 5.16.	Struktur Makro Dan Mikro Pada Sambungan μ FSW Dengan Putaran <i>Tool</i> 7500 rpm Dan Laju Pemakanan 60 mm/min	65
Gambar 5.17.	Struktur Makro Dan Mikro Pada Sambungan μ FSW Dengan Putaran <i>Tool</i> 7500 rpm Dan Laju Pemakanan 80 mm/min	67
Gambar 5.18.	Struktur Makro Dan Mikro Pada Sambungan μ FSW Dengan Putaran <i>Tool</i> 10000 rpm Dan Laju Pemakanan 40 mm/min	69
Gambar 5.19.	Struktur Makro Dan Mikro Pada Sambungan μ FSW Dengan Putaran <i>Tool</i> 10000 rpm Dan Laju Pemakanan 60 mm/min	71
Gambar 5.20.	Struktur Makro Dan Mikro Pada Sambungan μ FSW Dengan	

Putaran <i>Tool</i> 10000 rpm Dan Laju Pemakanan 80 mm/min	73
Gambar 5.21. Struktur Makro Dan Mikro Pada Sambungan μ FSW Dengan Putaran <i>Tool</i> 12500 rpm Dan Laju Pemakanan 40 mm/min	75
Gambar 5.22. Struktur Makro Dan Mikro Pada Sambungan μ FSW Dengan Putaran <i>Tool</i> 12500 rpm Dan Laju Pemakanan 60 mm/min	77
Gambar 5.23. Struktur Makro Dan Mikro Pada Sambungan μ FSW Dengan Putaran <i>Tool</i> 12500 rpm Dan Laju Pemakanan 80 mm/min	79
Gambar 5.24. Spesimen Uji Tarik	81
Gambar 5.25. Diagram Kekuatan Tarik Pada Sambungan μ FSW Dibandingkan Dengan <i>Raw Material</i>	82
Gambar 5.26. Spesimen Setelah Diuji Tarik	83

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Komponen, peralatan dan sistem dibuat dalam skala mikro dan nano (V.K. Jain, 2013)	12
Tabel 3.2. Sifat fisis Aluminium (Surdia dan Saito, 2000)	29
Tabel 3.3. Sifat-sifat mekanik Aluminium (Surdia dan Saito, 2000)	30
Tabel 3.4. Kelompok Aluminium paduan tempa (<i>ASM Metal Handbook</i> , 1990)	31
Tabel 3.5. Kelompok Aluminium paduan cor (<i>ASM Metal Handbook</i> , 1990)	31
Tabel 3.6. Komposisi paduan Aluminium seri 1xxx (<i>Standard Handbook For Mechanical Engineers</i> , 8 th Ed)	33
Tabel 4.1. Parameter penelitian	38
Tabel 4.2. Spesifikasi mesin uji tarik	45
Tabel 4.3. Spesifikasi mesin uji kekerasan	49
Tabel 5.1. Cacat yang terjadi selama penelitian	52
Tabel 5.2. Spesimen setelah disambung dengan μ FSW	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data Hasil Uji Tarik	89
Lampiran 2.	Gambar Ketebalan Penampang Melintang Sambungan μ FSW	89
Lampiran 3.	Gambar Grafik Pengujian Tarik	91
Lampiran 4.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers raw material</i>	92
Lampiran 5.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Untuk Putaran <i>Tool</i> 7500 rpm dan laju pemakanan 40 mm/min	92
Lampiran 6.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Untuk Putaran <i>Tool</i> 7500 rpm dan laju pemakanan 60 mm/min	93
Lampiran 7.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Untuk Putaran <i>Tool</i> 7500 rpm dan laju pemakanan 80 mm/min	93
Lampiran 8.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Untuk Putaran <i>Tool</i> 10000 rpm dan laju pemakanan 40 mm/min	94
Lampiran 9.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Untuk Putaran <i>Tool</i> 10000 rpm dan laju pemakanan 60 mm/min	94
Lampiran 10.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Untuk Putaran <i>Tool</i> 10000 rpm dan laju pemakanan 80 mm/min	95
Lampiran 11.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Untuk Putaran <i>Tool</i> 12500 rpm dan laju pemakanan 40 mm/min	95
Lampiran 12.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Untuk Putaran <i>Tool</i> 12500 rpm dan laju pemakanan 60 mm/min	96
Lampiran 13.	Data Hasil Pengujian Kekerasan Mikro <i>Vickers</i> Untuk Putaran <i>Tool</i> 12500 rpm dan laju pemakanan 80 mm/min	96
Lampiran 14.	<i>Die Grinder</i> Yang Dipasangkan Pada Mesin EMCO TU-3A	97
Lampiran 15.	Spesimen Sebelum Disemprotkan <i>Penetrant</i>	97
Lampiran 16.	<i>Penetrant</i> Disemprotkan Pada Spesimen	98
Lampiran 17.	Spesimen Dibersihkan Dengan <i>Cleaner</i>	98

Lampiran 18.	Spesimen Disemprot Dengan <i>Developer</i>	98
Lampiran 19.	Komposisi material uji berdasarkan hasil <i>Spectrometer</i>	99