

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR NOMOR PERSOALAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRACT	viii
INTISARI	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTARTABEL	xiii
DARTARGAMBAR	xiv
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Metode Pengambilan Data	3
1.5. Sistematika Penulisan	4
 BAB II LANDASAN TEORI.....	 5
2.1. Aluminium dan Paduan Aluminium	5
2.1.1. Sifat Mekanik Aluminium	6
2.1.2. Jenis – jenis Aluminium	6
2.1.3. Sifat Mampu Las Aluminium	9
2.2. Kuningan	10
2.2.1. Paduan Cu-Zn	10
2.3. Definisi Pengelasan	16
2.3.1. Klasifikasi Pengelasan	18
2.4. <i>Friction Stir Welding</i>	19
2.4.1. Definisi <i>Friction Stir Welding</i>	19
2.4.2. Prinsip Kerja <i>Friction Stir Welding</i>	20

2.4.3.	Siklus Proses <i>Friction Stir Welding</i>	24
2.4.4.	<i>Welding Force</i> pada <i>Friction Stir Welding</i>	24
2.4.5.	Parameter <i>Friction Stir Welding</i>	25
2.4.6.	Desain <i>Tool (Probe)</i> pada <i>Friction Stir Welding</i>	26
2.4.7.	Panas yang dihasilkan pada <i>Friction Stir Welding</i> ..	28
2.4.8.	Kelebihan dan Kekurangan <i>Friction Stir Welding</i> ...	29
2.4.9.	Aplikasi <i>Friction Stir Welding</i>	30
2.5.	Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>)	33
2.5.1.	Klasifikasi <i>Heat treatment</i>	37
2.5.2.	Pembagian <i>Heat Treatment</i> dengan Pendinginan	40
2.5.3.	Aplikasi <i>Heat Treatment</i> pada Pembuatan Baja	42
2.6.	Pengujian Material	43
2.6.1.	Pengujian Geser	43
2.6.2.	Pengujian Kekerasan	46
2.6.3.	Analisis Struktur Makro	49
2.6.4.	Analisis Struktur Mikro	50
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	51
3.1.	Diagram Alir Penelitian	51
3.2.	Material Pengelasan <i>Friction Stir Welding</i>	52
3.2.1.	Persiapan Dimensi Material	52
3.2.2.	Persiapan Titik untuk <i>Thermocouple</i>	53
3.2.3.	Persiapan Lubang Baut Pencekam	53
3.3.	Perancangan <i>Probe</i>	54
3.3.1.	Desain <i>Probe</i>	54
3.3.2.	Penentuan Material <i>Probe</i>	56
3.4.	Mesin dan Peralatan untuk Proses FSW	56
3.5.	Alat Uji Hasil Pengelasan	59
3.5.1.	Mesin Uji Geser	59
3.5.2.	<i>Metallographic Macroscopic</i>	60
3.5.3.	<i>Metallographic Microscopic</i>	61
3.5.4.	Mesin Uji Kekerasan <i>Micro Vickers</i>	62
3.6.	Proses Pengelasan	63

3.6.1. Persiapan Pengelasan	63
3.6.2. Proses Pengelasan	63
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	71
4.1. Perbandingan Secara Visual	71
4.2. Grafik Temperatur Material pada Proses Pengelasan	74
4.3. Pengujian Kekerasan	77
4.4. Pengujian Geser	81
4.5. Analisa Struktur Makro	86
4.6. Analisa Struktur Mikro	87
4.7. Panas yang Dihasilkan pada Proses <i>Friction Stir Welding</i> ..	89
BAB V PENUTUP	91
5.1. Kesimpulan	91
5.2. Saran	92
DAFTAR PUSTAKA	93

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Sifat – Sifat Fisik Aluminium	6
Tabel 2.2.	Titik Cair Standar Kuningan	10
Tabel 2.3.	Komposisi Kimia dan Sifat Mekanik Umum Kuningan Menurut ASM	15
Tabel 2.4.	Komposisi Kimia dan Sifat Mekanik Umum Kuningan Menurut DIN.....	15
Tabel 2.5.	Material <i>Probe</i> FSW dan Aplikasinya	27
Tabel 3.1.	Komposisi Kimia Aluminium 6061.....	52
Tabel 4.1.	Diagonal Hasil Pengujian Kekerasan	78
Tabel 4.2.	Nilai Kekerasan Material Hasil Las Dalam Satuan VHN	79
Tabel 4.3.	Hasil Pengujian Geser Material Hasil Pengelasan <i>Friction Stir Welding</i>	81
Tabel 4.4.	Hasil Pengujian Tegangan Geser pada <i>Length Of Pin Probe</i> 11,0 mm	83
Tabel 4.5.	Hasil Pengujian Tegangan Geser pada <i>Length Of Pin Probe</i> 11,5 mm	83
Tabel 4.6.	Hasil Pengujian Tegangan Geser pada <i>Length Of Pin Probe</i> 12,0 mm	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Sifat Mampu Las Berbagai Lakuran Aluminium	9
Gambar 2.2.	Diagram Fasa Cu-Zn	11
Gambar 2.3.	Kuningan Dengan Zn 28%, (a) Pasca Pengecoran (Dendrit-Dendrit Kristal α Inhomogen), (b) Setelah Perlakuan Panas Pada $T = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Kristal α Polieder Homogeny)	12
Gambar 2.4.	Kuningan Dengan Zn, (a) 47,5% Pasca Pengecoran (Kuningan β Homogeny), (b) 52% Pasca Pengecoran (Kristal γ Diantara Struktur Dasar β)	13
Gambar 2.5.	Daerah Pengelasan	16
Gambar 2.6.	Tipe-Tipe Penyambungan	17
Gambar 2.7.	Jenis Sambungan pada FSW	20
Gambar 2.8.	Prinsip Dasar Proses FSW	21
Gambar 2.9.	Terminologi FSW	21
Gambar 2.10.	Skema kerja FSW	22
Gambar 2.11.	<i>Heat Zone</i> pada FSW	22
Gambar 2.12.	<i>Welding Force</i> yang terjadi pada Proses FSW	25
Gambar 2.13.	<i>Feature</i> dari <i>Shoulder</i> yang digunakan pada FSW	28
Gambar 2.14.	Desain <i>Pin</i> pada <i>Probe Friction Stir Welding</i> (FSW)	28
Gambar 2.15.	<i>Part</i> Pesawat Ulang Alik NASA dengan Proses FSW	31
Gambar 2.16.	Jendela pada Pesawat	31
Gambar 2.17.	Proses FSW pada <i>Part</i> Pesawat Terbang	32
Gambar 2.18.	Proses FSW digunakan pada <i>Central Tunell</i> Ford GT	32
Gambar 2.19.	Proses FSW yang digunakan pada <i>Rear Door</i> Mazda RX-8..	33
Gambar 2.20.	Diagram Fase Keseimbangan	34
Gambar 2.21.	<i>Isothermal Tranformation Diagram</i>	40
Gambar 2.22.	<i>Continuos Cooling Transformation Diagram</i>	42
Gambar 2.23.	Tegangan Geser.....	43
Gambar 2.24.	Prinsip Geser	46
Gambar 2.25.	Indentasi Brinell.....	48
Gambar 2.26.	Indentasi Vickers	49
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian	51



Gambar 3.2.	Kuningan dengan Zn 47,5% - Aluminium 6061	52
Gambar 3.3.	Persiapan Titik untuk <i>Thermocouple</i>	53
Gambar 3.4.	Persiapan LubangBaut Pencekam	54
Gambar 3.5.	<i>Probe</i>	54
Gambar 3.6.	Desain <i>Probe</i>	55
Gambar 3.7.	Mesin <i>Milling</i>	57
Gambar 3.8.	<i>Tool/ Probe</i>	57
Gambar 3.9.	Data Logger	58
Gambar 3.10.	Mur, Baut, <i>Ring</i> dan Kunci <i>Ring</i>	58
Gambar 3.11.	<i>Universal Testing Machine</i>	59
Gambar 3.12.	Proses Pengujian Geser dengan <i>Booster</i>	60
Gambar 3.13.	<i>Metallographic Macroscopic</i>	61
Gambar 3.14.	<i>MetallographicMicroscope</i>	61
Gambar 3.15.	Bagian-Bagian <i>Metallographic Microscope</i>	62
Gambar 3.16.	<i>Micro Vickers Hardness Tester</i>	62
Gambar 3.17.	Proses Indentasi <i>Micro Vickers</i>	63
Gambar 3.18.	Pemasangan <i>Tool/ Probe</i>	64
Gambar 3.19.	Pemasangan Material Al 6061 dan CuZn	64
Gambar 3.20.	Pemasangan Kabel <i>Data Logger (Thermocouple)</i>	65
Gambar 3.21.	<i>Data Logger</i> dan Alat <i>Monitoring</i>	65
Gambar 3.22.	Menyalakan Mesin	66
Gambar 3.23.	Posisi Awal <i>Probe</i> pada Alur Pengelasan <i>First Track</i>	66
Gambar 3.24.	Penetrasi <i>Probe</i> ke Material	67
Gambar 3.25.	Proses Pengelasan FSW	67
Gambar 3.26.	Akhir Dari Pengelasan <i>First Track</i> , <i>Probe</i> Diangkat	67
Gambar 3.27.	Akhir Dari Pengelasan <i>Second Track</i> , <i>Probe</i> Diangkat	68
Gambar 3.28.	Mematikan Mesin	68
Gambar 3.29.	Hasil Pengelasan FSW Tampak Depan	69
Gambar 3.30.	Hasil Pengelasan Tampak Belakang	69
Gambar 3.31.	Hasil Panjang Alur Pengelasan	69
Gambar 3.32.	Jarak Alur Pengelasan Antara Titik <i>First Track</i> dengan <i>Second Track</i>	70



Gambar 4.1.	Hasil Pengelasan FSW dengan <i>Length Of Pin Probe</i> 11,0 mm.....	71
Gambar 4.2.	Hasil Pengelasan FSW dengan <i>Length Of Pin Probe</i> 11,5 mm	72
Gambar 4.3.	Hasil Pengelasan FSW dengan <i>Length Of Pin Probe</i> 12,0 mm	73
Gambar 4.4.	Grafik Temperatur Pengelasan dengan <i>Length Of Pin Probe</i> 11,0 mm	74
Gambar 4.5.	Grafik Temperatur Pengelasan dengan <i>Length Of Pin Probe</i> 11,5 mm	75
Gambar 4.6.	Grafik Temperatur Pengelasan dengan <i>Length Of Pin Probe</i> 12,0 mm	76
Gambar 4.7.	Uji <i>Micro Hardness</i>	77
Gambar 4.8.	Grafik Nilai Kekerasan Material Hasil FSW	80
Gambar 4.9.	Spesimen Uji Geser	81
Gambar 4.10.	Penentuan Luas Penampang Spesimen Uji Geser	82
Gambar 4.11.	Cacat Patah Material <i>Pin Probe</i> pada Hasil Las	84
Gambar 4.12.	Cacat pada Hasil Pengelasan <i>Friction Stir Welding</i>	85
Gambar 4.13.	Grafik Nilai Tegangan Geser Rata-Rata Material Hasil FSW	85
Gambar 4.14.	Foto Makro Hasil Pengelasan dengan Variasi <i>Length Of Pin Probe</i>	87
Gambar 4.14.	Foto Mikro Hasil Pengelasan dengan Variasi <i>Length Of Pin Probe</i>	88