UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KARAKTERISTIK LAJU PERAMBATAN RETAK FATIGUE SAMBUNGAN LAS FSW PADA PLAT ALUMINIUM 2024-T3
Agung Rahmulyono Soeparno, Ir. Priyo Tri Iswanto, S.T. M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
HALAMAN PERNYATAAN iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR iv
HALAMAN PERSEMBAHAN v
INTISARI vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR NOTASI xii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xv
DAFTAR LAMPIRAN xvi

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Batasan Masalah 2
1.4. Tujuan Penelitian 3
1.5. Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Tinjauan Pustaka 4

BAB III LANDASAN TEORI 6
3.1. Aluminium 6
3.1.1. Aluminium Murni 6
3.1.2. Aluminium Paduan 7
3.1.2.1 Alumunium Paduan Cor / Cast Alumunium Alloys 8
3.1.2.2 Alumunium Paduan Tempa / Wrought Alumunium Alloys 9

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KARAKTERISTIK LAJU PERAMBATAN RETAK FATIGUE SAMBUNGAN LAS FSW PADA PLAT ALUMINIUM 2024-T3
Agung Rahmulyono Soeparno, Ir. Priyo Tri Iswanto, S.T. M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.1.3. Pengaruh unsur – unsur paduan aluminium 10
3.1.2.1 Silikon (Si) 10
3.1.2.2 Tembaga (Cu) 10
3.1.2.3 Mangan (Mn) 11
3.1.2.4 Magnesium (Mg) 11
3.1.2.5 Nikel (Ni) 11
3.1.2.6 Seng (Zn) 11
3.1.2.7 Besi (Fe) 11
3.2. Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Material 12
3.2.1. Pengujian Tarik 12
3.2.1.1. Daerah Elastis 15
3.2.1.2. Daerah Plastis 16
3.2.1.3. Keuletan 16
3.2.2 Pengujian Kekerasan *(Hardness Test)* 18
3.2.2.1. Kekerasan Brinell 19
3.2.2.2. Pengujian Kekerasan Rockwell 20
3.2.2.3. Pengujian Kekerasan Vickers 21
3.2.3 Pengujian Struktur Mikro 22
3.2.4 Perambatan Retak / *Fatigue* 23
3.3. Proses friction stir welding 29
3.4. Metalurgi Las 32

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 34
4.1. Bahan Penelitian 34
4.2. Peralatan Digunakan 35
4.3. Prosedur Penelitian 35
4.4. Pengujian Tarik 37
4.5. Pengujian Struktur Mikro 38
4.6. Kekerasan Mikro *(Mikro Hardness Vickers)* 39
4.7. Uji Rambat Retak Fatigue 40

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KARAKTERISTIK LAJU PERAMBATAN RETAK FATIGUE SAMBUNGAN LAS FSW PADA PLAT ALUMINIUM 2024-T3
Agung Rahmulyono Soeparno, Ir. Priyo Tri Iswanto, S.T. M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 41

5.1. Pengujian Tarik 41

5.2. Pengujian Kekerasan 45

5.3. Pengamatan Struktur Mikro 47

5.4. Pengujian Perambatan Retak *Fatigue* 49

BAB VI KESIMPULAN 54

DAFTAR PUSTAKA 55

LAMPIRAN 57

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KARAKTERISTIK LAJU PERAMBATAN RETAK FATIGUE SAMBUNGAN LAS FSW PADA PLAT ALUMINIUM 2024-T3
Agung Rahmulyono Soeparno, Ir. Priyo Tri Iswanto, S.T. M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

σ	=	Tegangan
ε	=	Regangan
θ	=	Sudut antara permukaan intan yang berhadapan
ΔL	=	Pertambahan panjang (m)
A	=	Luas penampang
Al	=	Aluminium
b	=	Lebar penampang.
Cu	=	Tembaga
Cr	=	Krom
D	=	Diameter benda uji
d	=	Diameter bekas penekanan
Fe	=	Besi
H Cl	=	Asam klorida
HF	=	Hydroflouric acid
$H NO_3$	=	Asam nitrat
L_0	=	Panjang mula-mula (m)
Mg	=	Magnesium
Mn	=	Mangan
Ni	=	Nikel
P	=	Beban yang digunakan
Pb	=	Plumbum (timah hitam)
r	=	Jari-jari
Si	=	Silikon
P	=	Phosfor
PCl_5	=	Phosfor Klorida
W	=	*Tenaga patah (kg.m)*
Zn	=	Seng
R	=	*Rasio tegangan pengujian fatik*
W	=	*panjang dari retak awal sampai akhir spesimen*
B	=	*tebal spesimen uji fatik*
a_n	=	*panjang retak awal*
ΔK	=	*beda faktor intensitas tegangan*
da/dn	=	*laju perambatan retak*
C, m	=	Konstanta Paris

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KARAKTERISTIK LAJU PERAMBATAN RETAK FATIGUE SAMBUNGAN LAS FSW PADA PLAT ALUMINIUM 2024-T3
Agung Rahmulyono Soeparno, Ir. Priyo Tri Iswanto, S.T. M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Kurva Tegangan *vs* Regangan	13
Gambar 3.2	Skema tegangan-regangan	14
Gambar 3.3	Skema Pengujian Kekerasan *Brinell*	19
Gambar 3.4	Skema Pengujian Kekerasan *Vickers*	22
Gambar 3.5	Struktur Mikro Al murni dan Al - Si	23
Gambar 3.6	Tahapan Kelelahan Material	24
Gambar 3.7	Grafik Hubungan Panjang Retak dan Jumlah Siklus	25
Gambar 3.8	Tiga Mode Pergerakan Retak	26
Gambar 3.9	Grafik Hubungan da/dN dan ΔK	28
Gambar 3.10	Grafik Pengaruh Rasio Tegangan pada Laju Perambatan Retak	29
Gambar 3.11	Proses Friction Stir Welding	30
Gambar 3.12	Konfigurasi *shoulder* dan *pin* dari *tool friction stir welding*	31
Gambar 2.13	Ukuran *shoulder* dan *pin* dari *tool friction stir welding*	31
Gambar 3.14	Sambungan dengan proses FSW	32
Gambar 3.15	Batas antara daerah las	33
Gambar 4.1.	Siklus *Precipitation Hardening*	34
Gambar 4.2	Diagram alur penelitian	36
Gambar 4.3	Mesin milling untuk proses FSW	37
Gambar 4.4	Spesimen uji tarik	37
Gambar 4.5	Arah pengerolan spesimen Uji Tarik	37
Gambar 4.6	Mesin Servopulser Shimadzu tipe EHF-EB20	38
Gambar 4.7	Spesimen uji mikro	39
Gambar 4.8	*Buhler Microhardness Tester*	39
Gambar 4.9	Spesieman uji rambat retak *fatigue*	40
Gambar 5.1	Grafik hasil pengujian tarik alumunium yang di las *FSW*	41
Gambar 5.2	Penentuan tegangan luluh (*yield stress*) untuk kurva tanpa daerah linier	43
Gambar 5.3	Grafik hasil *ultimate stress dan yield stress*	44
Gambar 5.4	Spesimen uji tarik yang di las *FSW*	44

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KARAKTERISTIK LAJU PERAMBATAN RETAK FATIGUE SAMBUNGAN LAS FSW PADA PLAT ALUMINIUM 2024-T3
Agung Rahmulyono Soeparno, Ir. Priyo Tri Iswanto, S.T. M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.5 Spesimen uji tarik material induk 45
Gambar 5.6 Grafik hasil uji kekerasan pada alumunium 2024 –T3 yang di las *FSW* 46
Gambar 5.7 Struktur mikro *nugget* pengelasan *FSW* pada alumunium 2024-T3 47
Gambar 5.8 Struktur mikro *TMAZ* pengelasan *FSW* pada alumunium 2024-T3 47
Gambar 5.9 Struktur mikro *HAZ* pengelasan *FSW* pada alumunium 2024-T3 48
Gambar 5.10 Struktur mikro logam induk pengelasan *FSW* pada alumunium 2024-T3 48
Gambar 5.11 Grafik hubungan panjang retak dengan jumlah siklus pada material induk alumunium 2024-T3 49
Gambar 5.12 Grafik hubungan panjang retak dengan jumlah siklus pada material alumunim 2024-T3 yang dilas *FSW* 49
Gambar 5.13 Grafik hubungan panjang retak dengan jumlah siklus pada material induk alumunium 2024-T3 dan material alumunim 2024-T3 yang dilas *FSW* 50
Gambar 5.14 Grafik hubungan da/dN (m/siklus) dengan ΔK (MPa√m) pada material induk alumunium 2024-T3 51
Gambar 5.15 Grafik hubungan da/dN (m/siklus) dengan ΔK (MPa√m) pada material alumunim 2024-T3 yang dilas *FSW* 52
Gambar 5.16 Grafik hubungan da/dN (m/siklus) dengan ΔK (MPa√m) pada material induk alumunium 2024-T3 dan material alumunim 2024-T3 yang dilas *FSW* 52

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KARAKTERISTIK LAJU PERAMBATAN RETAK FATIGUE SAMBUNGAN LAS FSW PADA PLAT ALUMINIUM 2024-T3
Agung Rahmulyono Soeparno, Ir. Priyo Tri Iswanto, S.T. M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KARAKTERISTIK LAJU PERAMBATAN RETAK FATIGUE SAMBUNGAN LAS FSW PADA PLAT ALUMINIUM 2024-T3
Agung Rahmulyono Soeparno, Ir. Priyo Tri Iswanto, S.T. M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Sifat – sifat mekanis aluminium	7
Tabel 3.2	Sifat – sifat fisis aluminium	7
Tabel 3.3	Larutan bahan etsa	22
Tabel 4.1	Komposisi Al 2024-T3	34
Tabel 5.1.	Hasil pengujian uji tarik	41
Tabel 5.2.	Hasil pengujian uji tarik (tegangan luluh)	42
Tabel 5.3.	Hasil pengujian uji *vickers mikro hardness*	45
Tabel 5.4.	Konstanta persamaan Paris	52

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
KARAKTERISTIK LAJU PERAMBATAN RETAK FATIGUE SAMBUNGAN LAS FSW PADA PLAT ALUMINIUM 2024-T3
Agung Rahmulyono Soeparno, Ir. Priyo Tri Iswanto, S.T. M.Sc., Ph.D., IPM., ASEAN Eng
Universitas Gadjah Mada, 2010 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Hasil Uji Kekerasan	57
Lampiran 2.	Hasil Uji Pengujian Tarik	61
Lampiran 3.	Grafik Uji Tarik material induk	62
Lampiran 4.	Grafik Uji Tarik material yang di las *FSW*	64
Lampiran 5.	Hasil Uji Rambat Retak Fatik R = 0,1 (material induk)	65
Lampiran 6.	Hasil Uji Rambat Retak Fatik R = 0,1 (material yang dilas *FSW*)	69
Lampiran 7.	Hasil Uji Foto Strukturmikro	72
Lampiran 8.	Hasil Uji Foto Strukturmakro	76